



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YAULI,
CENTRO POBLADO YAULI, PROVINCIA YAULI, REGIÓN JUNÍN**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Llanos Gómez, Christian Elías

Asesora:

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel

Gonzales Alarcón, Angelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2023

REPORTE DE ANÁLISIS DE SIMILITUD

Archivo:	1A - Llanos Gómez Christian Elias - Título Profesional - 2023
Fecha del análisis:	31/03/2023
Operador del programa informático:	Gamarra Jiménez, David Milton
Correo del operador del Programa informático:	dgamarra@unfv.edu.pe
Porcentaje:	12 %
Título	EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO YAULI, CENTRO POBLADO YAULI, PROVINCIA YAULI, REGIÓN JUNÍN
Asesor:	Rojas León, Gladys
Enlace:	https://secure.arkund.com/old/view/155795713-734527-244439#HdRLThxBFAXRvfQ4ZXXd/FWYFYuBhWYlGzkwLx3n4foR30yqO6MAP4+/nw+Xr4/29Uu3541dRrTzTDTLNbnU67IIV/HaEX9IJe0At6QS/oBbUcaKCpc2iggQYaaKCBWurQDu3QXtfQDu3QDu3QDnV7QAd0QAd01D3ogA7ogA6oWxM6oRM6oRM66z50Qid0Ql0u6llu6llu6lKuWoMuqMOGbMiGbMiGbMiutUI8zeH2tBt6Q2/oDb2hN/S G3sVA6wU90AM90AM90AM90AM9p6WxmWfNZeQym2GmWWab24AhOuWqI5ThUBdOYrOxk/iY8f7apJ5cP/J1DtUpOkWn6BSdolMt6RSdolN6XUN1ik7RKTpFp3qCTtEpOkWnjLoH1Sk6RafoVG+kU3SKTtEpOmXWfahO0Sk61efRKTpFp+gUnaJTVq1BdcqCOt1QvaIX9Ipe0St6Zdc6VK/anV7RK3pFr+gVvaJX9MpdDLReUL2iV/SKXtErekWv3ijgGnWN+rMuh5ImGYBGDBLIH33skccdcyNxhttrJHGGWWMecYXXBORxRVVTBHFE00skTRagwRxA897JDDDTXMElMbLayQwgkljBDCBx1s3i0LKpggggcaWCCBAwp8PZv9277d27y927qd+0U957U9Pt9/f7z/en/78fH28/Hy/Oa/xZn+vqaTvcBZ//4D



Mg. Braulio Armando Valdivia Orihuela

Jefe de la Oficina de Grados y Gestión del Egresado



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YAULI,
CENTRO POBLADO YAULI, PROVINCIA YAULI, REGIÓN JUNÍN

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Llanos Gómez, Christian Elías

Asesora:

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel

Gonzales Alarcón, Angelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a quienes considero las personas más importantes de mi vida, los que siempre me han brindado ánimos, dedicación y motivación para alcanzar mis metas: mis padres Elizabeth Gómez y Elias Llanos.

A mi novia Dorcas Capuena, hermana Lizeth Llanos y primos Andrés y Mayra Palpa, a quienes deseo de corazón que tengan éxitos en su vida personal y profesional.

A mis abuelos(as) Alejandra Paquiyauri y Dionisio Llanos, y a quienes ya no están aquí pero siempre nos cuidan desde el cielo Leopoldo Gómez y Rosalía Quispe.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de mi vida y brindarme fortaleza mental en mis momentos difíciles.

A mis padres por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, por sus consejos, dedicación, esfuerzo y sobre todo por inculcar en mi persona los buenos valores.

A la Ing. Gladys Rojas, por el tiempo brindado para la elaboración de mi tesis.

A los ingenieros Aldo Aylas y Javier Gordillo, de los que aprendí mucho en mi etapa profesional, les deseo muchos éxitos en su consultora.

A los Ingenieros Alex Aquino, Marco Tapia y Lic. Claudia Hintze, por el apoyo incondicional en las circunstancias actuales que vive el país y que hayan confiado en mí persona para laborar en IAMGOLD Perú.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	1
Agradecimientos	2
Resumen.....	14
Abstract	15
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema	3
1.1.1. Descripción del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.2.1. Problema principal.....	4
1.1.2.2. Problemas secundarios.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.2.1. Nacionales.....	5
1.2.2. Internacionales	8
1.3. Objetivos.....	11
- Objetivo General.....	11
- Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	11
- Importancia	12
1.5. Hipótesis	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Bases Teóricas	13
2.1.1. Agua.....	13
2.1.2. Agua superficial.....	13
2.1.3. Calidad del agua	13

2.1.4.	Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos	13
2.1.4.1.	Parámetros físicos del agua.	14
2.1.4.2.	Parámetros Químicos.....	14
2.1.4.3.	Parámetros Biológicos.....	18
2.1.5.	Aguas Residuales.....	19
2.1.6.	Aguas Residuales Industriales	19
2.1.7.	Aguas Residuales Municipales	20
2.1.8.	Efluente.....	20
2.1.9.	Contaminación.....	20
2.1.10.	Contaminación del Agua	20
2.1.11.	Protocolo.....	21
2.1.12.	Estándar de Calidad Ambiental (E.C.A.).....	21
2.1.13.	Monitoreo de Calidad del Agua.....	21
2.1.14.	Cadena de Custodia	21
2.1.15.	Reactivo para Preservación de Muestras	22
2.1.16.	Punto de Monitoreo	22
2.1.17.	Muestreo de Agua.....	22
2.1.18.	Metodología de Monitoreo	22
2.2.	Marco Legal.....	22
III.	MÉTODO	26
3.1.	Tipo de Investigación	26
3.1.1.	Nivel de Investigación	26
3.2.	Ámbito Temporal y Espacial	26
3.2.1.	Delimitación Temporal	26
3.2.2.	Delimitación Espacial	26

3.3.	Variables	26
3.4.	Población y Muestra	28
3.5.	Instrumentos	28
3.5.1.	Materiales	28
3.5.1.1.	Materiales Cartográficos:.....	28
3.5.1.2.	Equipos y materiales de campo:	28
3.5.1.1.	Equipos y materiales de gabinete.	29
3.5.2.	Software	29
3.6.	Procedimientos	29
3.7.	Análisis de datos	30
3.7.1.1.	Análisis y recopilación de datos.	30
3.7.1.2.	Análisis de muestras.	30
3.7.1.3.	Análisis para informe final.	30
3.8.	Consideraciones: definición del Área a Evaluar.....	31
3.8.1.	Ubicación	31
3.8.1.1.	Ubicación política.....	31
3.8.1.2.	Ubicación geográfica.....	31
3.8.2.	Accesibilidad	31
3.8.3.	Demografía	32
3.8.4.	Servicios básicos de la vivienda	32
3.8.5.	Características climáticas.....	32
3.8.5.1.	Precipitación.	33
3.8.6.	Ecología	33
3.8.7.	Hidrografía – Subcuenca de Yaulí.....	34
3.8.7.1.	Principales afluentes del rio Yauli.....	34

3.8.7.2. Lagunas principales.	34
3.8.8. Geología.....	34
3.8.9. Actividades económicas	35
3.8.10. Salud	35
3.8.11. Nivel de desarrollo.....	35
IV. RESULTADOS	36
4.1. Parámetros Físico-Químicos.....	38
4.1.1. Época De Avenida	38
4.1.2. Época de Estiaje.....	53
4.2. Parámetros Inorgánicos	66
4.2.1. Época de Avenida	67
4.2.2. Época de Estiaje.....	90
4.3. Parámetros Microbiológicos.....	113
4.3.1. Época de Avenida	113
4.3.1. Época de Estiaje.....	117
4.4. Parámetros Físico-Químicos.....	121
V. Discusión de Resultados	145
VI. Conclusiones.....	147
6.1. Conclusiones.....	147
VII. Recomendaciones	150
7.1. Recomendaciones	150
VIII. Referencias	151
IX. Anexos	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables Independientes	27
Tabla 2 Variables Dependientes	27
Tabla 3 Accesibilidad	31
Tabla 4 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua	37
Tabla 5 Concentraciones en época de avenida – pH.....	38
Tabla 6 Concentraciones en época de avenida – Oxígeno Disuelto	39
Tabla 7 Concentraciones en época de avenida – Demanda Bioquímica de Oxígeno	40
Tabla 8 Concentraciones en época de avenida – Conductividad.....	41
Tabla 9 Concentraciones en época de avenida – Demanda Química de Oxígeno.....	42
Tabla 10 Concentraciones en época de avenida – Aceites y Grasas....	43
Tabla 11 Concentraciones en época de estiaje – pH.....	53
Tabla 12 Concentraciones en época de estiaje – Oxígeno Disuelto	54
Tabla 13 Concentraciones en época de estiaje – Conductividad	55
Tabla 14 Concentraciones en época de estiaje – Demanda Bioquímica de Oxígeno	56
Tabla 15 Concentraciones en época de estiaje – Demanda Química de Oxígeno.....	57
Tabla 16 Concentraciones en época de avenida – Aceites y Grasas....	58
Tabla 17 Concentración en época de avenida – Arsénico	67
Tabla 18 Concentración en época de avenida – Manganeseo	68
Tabla 19 Concentración en época de avenida – Mercurio.....	69
Tabla 20 Concentración en época de avenida – Plomo	70

Tabla 21 Concentración en época de avenida –Aluminio	71
Tabla 22 Concentración en época de avenida – Bario.....	72
Tabla 23 Concentración en época de avenida – Cobre	73
Tabla 24 Concentración en época de avenida – Hierro	74
Tabla 25 Concentración en época de avenida – Zinc	75
Tabla 26 Concentración en época de estiaje – Arsénico.....	90
Tabla 27 Concentración en época de estiaje – Manganeso.....	91
Tabla 28 Concentración en época de estiaje – Mercurio	92
Tabla 29 Concentración en época de estiaje – Plomo.....	93
Tabla 30 Concentración en época de estiaje –Aluminio.....	94
Tabla 31 Concentración en época de estiaje – Bario	95
Tabla 32 Concentración en época de estiaje – Cobre	96
Tabla 33 Concentración en época de estiaje – Hierro.....	97
Tabla 34 Concentración en época de estiaje – Zinc.....	98
Tabla 35 Concentraciones en época de avenida – Coliformes fecales o Termotolerantes	113
Tabla 36 Concentraciones en época de avenida – Escherichia Coli ..	114
Tabla 37 Concentración en época de estiaje – Coliformes fecales o Termotolerantes	117
Tabla 38 Concentración en época de estiaje – Escherichia Coli	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración de pH para categoría 1.....	44
Figura 2 Concentración de pH para categoría 3 y 4.....	45
Figura 3 Concentración de Oxígeno Disuelto en época de avenida	46
Figura 4 Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno para Categoría 1	47
Figura 5 Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno para Categoría 3 y 4.....	48
Figura 6 Concentración de Conductividad en época de avenida para Categoría 1	49
Figura 7 Concentración de Conductividad para Categoría 3 y 4.....	50
Figura 8 Concentración de Demanda Química de Oxígeno	51
Figura 9 Concentración de Aceites y Grasas en época de avenida.....	52
Figura 10 Concentración de pH en época de estiaje para categoría 1 .	59
Figura 11 Concentración de pH en época de estiaje para categoría 3 y 4	60
Figura 12 Concentración de Conductividad en época de estiaje para Categoría 1	61
Figura 13	62
Figura 14 Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en época de estiaje para Categoría 1	63
Figura 15 Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en época de estiaje para Categoría 3 y 4	64
Figura 16 Concentración de Demanda Química de Oxígeno en época de estiaje	65

Figura 17 Concentración de Aceites y Grasas en época de estiaje	66
Figura 18 Concentración de Arsénico en época de avenida para categoría 1.....	76
Figura 19 Concentración de Arsénico en época de avenida para categoría 3 y 4.....	77
Figura 20 Concentración de Manganeso en época de avenida para categoría 1 y 3.....	78
Figura 21 Concentración de Mercurio en época de avenida para categoría 1 y 3.....	79
Figura 22 Concentración de Mercurio en época de avenida para categoría 4.....	80
Figura 23 Concentración de Plomo en época de avenida para categoría 1 y 3.....	81
Figura 24 Concentración de Plomo en época de avenida para categoría 4.....	82
Figura 25 Concentración de Aluminio en época de avenida	83
Figura 26 Concentración de Bario en época de avenida.....	84
Figura 27 Concentración de Cobre en época de avenida para categoría 1	85
Figura 28 Concentración de Cobre en época de avenida para categoría 3 y 4.....	86
Figura 29 Concentración de Hierro en época de avenida para categoría 1 y 3.....	87
Figura 30 Concentración de Zinc en época de avenida para categoría 1	88

Figura 31 Concentración de Zinc en época de avenida para categoría 3 y 4.....	89
Figura 32 Concentración de Arsénico en época de estiaje para categoría 1.....	99
Figura 33 Concentración de Arsénico en época de estiaje para categoría 3 y 4.....	100
Figura 34 Concentración de Manganeso en época de estiaje para categoría 1 y 3.....	101
Figura 35 Concentración de Mercurio en época de estiaje para categoría 1 y 3.....	102
Figura 36 Concentración de Mercurio en época de estiaje para categoría 4.....	103
Figura 37 Concentración de Plomo en época de estiaje para categoría 1 y 3.....	104
Figura 38 Concentración de Plomo en época de estiaje para categoría 4.....	105
Figura 39 Concentración de Aluminio en época de estiaje.....	106
Figura 40 Concentración de Bario en época de estiaje	107
Figura 41 Concentración de Cobre en época de estiaje para categoría 1.....	108
Figura 42 Concentración de Cobre en época de estiaje para categoría 3 y 4.....	109
Figura 43 Concentración de Hierro en época de estiaje para categoría 1 y 3.....	110

Figura 44 Concentración de Zinc en época de estiaje para categoría 1	111
Figura 45 Concentración de Zinc en época de estiaje para categoría 3 y 4	112
Figura 46 Concentración de coliformes fecales en época de avenida	115
Figura 47 Concentración de Escherichia Coli en época de avenida	116
Figura 48 Concentración de coliformes fecales en época de estiaje	119
Figura 49 Concentración de Escherichia Coli en época de estiaje	120
Figura 50 Concentración de arsénico en época de avenida años 2015 - 2020	122
Figura 51 Concentración de arsénico en época de avenida años 2015 - 2020	122
Figura 52 Concentración de arsénico en época de estiaje años 2015 - 2020	123
Figura 53 Concentración de arsénico en época de estiaje años 2015 - 2020	124
Figura 54 Concentración de manganeso en época de avenida años 2015 - 2020	125
Figura 55 Concentración de manganeso en época de estiaje años 2015 - 2020	125
Figura 56 Concentración de plomo en época de avenida años 2015 - 2020	126
Figura 57 Concentración de plomo en época de avenida años 2015 - 2020	127

Figura 58 Concentración de plomo en época de estiaje años 2015 – 2020	128
.....	128
Figura 59 Concentración de plomo en época de estiaje años 2015 - 2020	128
.....	128
Figura 60 Concentración de hierro en época de avenida años 2015 - 2020	129
.....	129
Figura 61 Concentración de hierro en época de estiaje años 2015 - 2020	130
.....	130
Figura 62 Concentración de zinc en época de avenida años 2015 - 2020	131
.....	131
Figura 63 Concentración de zinc en época de avenida años 2015 - 2020	132
.....	132
Figura 64 Concentración de zinc en época de estiaje años 2015 - 2020	133
.....	133
Figura 65 Concentración de zinc en época de estiaje años 2015 - 2020	133
.....	133
Figura 66 Concentración de coliformes fecales en época de avenida años 2015 - 2020	135
.....	135
Figura 67 Concentración de coliformes fecales en época de estiaje años 2015 - 2020	136
.....	136
Figura 68 Concentración de Escherichia Coli en época de avenida años 2015 - 2020	137
.....	137
Figura 69 Concentración de Escherichia Coli en época de estiaje años 2015 - 2020	138
.....	138

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la calidad del agua superficial del río Yauli, ubicada en la provincia de Yauli, departamento de Junín, el cual es impactado por las actividades mineras circundantes y las descargas de aguas residuales domésticas del centro poblado de Yauli. El método a realizar es por monitoreo de la calidad del agua, ubicado en cuatro (04) estaciones, las cuales se ubican a lo largo del río Yauli, la primera estación RYaul1 antes del Centro Poblado de Yauli, RYaul3 después de las descargas de aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Yauli, RYaul4 después del vertimiento de la empresa Chinalco Perú S.A. y la última; RYaul5 antes de la unión con el río Pucara, se considera la data de los años 2015 – 2020. Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron en campo fueron, temperatura, pH, y conductividad eléctrica, mientras que los parámetros analizados en laboratorio fueron demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sulfatos, metales totales (Arsénico, cadmio, mercurio, plomo, entre otros), y parámetros microbiológicos tales como coliformes fecales y *escherichia coli*. Los resultados demuestran que hay presencia de iones de arsénico, manganeso, mercurio, plomo, hierro y zinc, en la mayoría de las estaciones, asimismo, se superan los valores de coliformes fecales y *escherichia coli*.

Palabras clave: calidad del agua, monitoreo, parámetros fisicoquímicos, parámetros inorgánicos, parámetros microbiológicos, metales totales, estándares de calidad ambiental.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the quality of the surface water of the Yauli river, located in the province of Yauli, department of Junín, which is impacted by the surrounding mining activities and the discharges of domestic wastewater from the town of Yauli. The method to be carried out is by monitoring the water quality, located in four (04) stations, which are located along the Yauli river, the first station RYaul1 before the Yauli Population Center, RYaul3 after the water discharges domestic residuals from the Populated Center of Yauli, RYaul4 after the dumping of the company Chinalco Perú S.A. and the last one; RYaul5 before the union with the Pucara river, the data from the years 2015 - 2020 is considered. The physicochemical parameters that were determined in the field were temperature, pH, and electrical conductivity, while the parameters analyzed in the laboratory were biochemical demand for oxygen, chemical oxygen demand, oils and fats, sulfates, total metals (arsenic, cadmium, mercury, lead, among others), and microbiological parameters such as fecal coliforms and *Escherichia coli*. The results show that there is presence of ions of arsenic, manganese, mercury, lead, iron and zinc, in most of the stations, likewise, the values of fecal coliforms and *Escherichia coli* are exceeded.

Keywords: water quality, monitoring, physicochemical parameters, inorganic parameters, microbiological parameters, total metals, environmental quality standards.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado en el planeta. Además, es un recurso deseado y necesario en todas las poblaciones y la industria. No obstante, aún sigue habiendo sectores en donde no se aplican soluciones ambientales: el agua se desperdicia y se contamina sin pensar en las consecuencias nocivas que se están provocando. Y es así como la contaminación del agua sigue creciendo.

El río Yauli se origina en la laguna Pomacocha y luego sigue su transcurso hasta su desembocadura en el río Pucara, posteriormente a ello estas aguas efluyen en el río Mantaro. En la zona alta desde su nacimiento presenta aguas cristalinas, también presencia de algas verdes las cuales muestran que son aptas para el desarrollo de la vida, sin embargo, esto viene siendo alterado por actividades mineras tanto en su margen izquierdo como derecho y las descargas de vertimientos de aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Yauli. Basado en esta problemática se realizó la evaluación fisicoquímica de la calidad del agua en el río Yauli en época de avenida en el mes de febrero del 2020.

Como se menciona líneas arriba, el primer impacto ambiental negativo viene hacer por las actividades mineras asociados a efluentes generados por la Compañía Minera Volcan S.A.C. y Chinalco S.A.C. y el segundo impacto ambiental por el vertimiento de descargas de aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Yauli. Respecto a esta evaluación hemos observado el aumento de concentración de parámetros fisicoquímicos en las aguas del río Yauli

Por ello es necesario tener un mejor tratamiento, seguimiento y control, de las plantas de tratamiento de aguas de vertimiento de las compañías mineras y de las aguas residuales domésticas con el fin de adoptar la mejor medida correctiva de éstos, asimismo, mejorar las condiciones de los cursos de agua del área de influencia ambiental directa e indirecta tanto en

su etapa operativa y de cierre, pero no solo de estas áreas sino abarcar a escalas distritales y provinciales.

Por lo tanto, en la presente investigación vamos a categorizar los parámetros de evaluación de acuerdo a la clasificación de aguas superficiales establecida por la Autoridad Nacional del Agua en la R.J N° 056-2018-ANA, el río Yauli se encuentra en la categoría N° 3, el cual detalla las condiciones óptimas para el Riego y Bebida de Animales, asimismo, se evaluará con la categoría N° 1 Poblacional y Recreacional y N° 4 conservación del ambiente acuático, todo ello estipulado en los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, “ECA”) para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Conocemos que el impacto ambiental negativo se viene realizando desde hace muchos años y el tratamiento en aquella época era mínima, a parte que la legislación ambiental aun no estaba bien compuesta y las organizaciones de fiscalización aún faltaban por mejorar, sin perjuicio de ello, se fueron implementando plantas de tratamiento de agua industrial y doméstica en Yauli los cuales vienen trabajando en la actualidad, es por ello, que resulta importante determinar la calidad del agua con el objetivo de presentar planes de manejo para las zonas de niveles de contaminación que sobrepasen el ECA.

Finalmente, la investigación se ejecutó en dos (02) etapas, la primera es cuando se realizó el monitoreo de las cuatro (04) estaciones: RYaul1, RYaul3, RYaul4 y RYaul5, a lo largo del río Yauli y donde se recopiló información de la Autoridad Administrativa del Agua - Mantaro. La segunda etapa de gabinete en el cual se procesó todos los resultados de la información histórica de monitoreos de los años 2015 - 2020, cabe recalcar que hubieron años de los cuales no se cuenta con información completa de ciertos parámetros.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En la actualidad el impacto ambiental de la industria minera genera una afectación al recurso hídrico y el distrito de Yauli no se encuentra exento de dicha problemática, esto se debe que dicha zona tiene un gran potencial de yacimientos mineros, los cuales vienen siendo explotados por empresas mineras. Por otro lado, los vertimientos de descargas domésticas de la población de Yauli, causa un gran impacto, a pesar de contar con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Es por ello que en ambas situaciones no se cumplen con los parámetros fisicoquímicos establecidos en el ECA.

El distrito de Yauli es una zona con potencial de minerales tales como cobre, plata, plomo y zinc. Las exportaciones de estos minerales han generado altos valores de venta a nivel mundial el cual es aprovechado por las empresas que explotan estos minerales como Volcan y Chinalco. Asimismo, es importante recalcar que alrededor de esta zona también encontramos otras empresas mineras tales como Casapalca, Argentum, Austria Duvaz, los cuales deberían mejorar el tratamiento de los vertimientos de agua al cuerpo receptor. Las actividades industriales de la minería producen contaminantes que alteran la calidad fisicoquímica del agua. Si bien es cierto en la actualidad cuentan con plantas de tratamiento de aguas ácidas y existe un mayor control del vertimiento de lo generado por esta industria: Drenaje de agua ácida de mina, lixiviados de desmonte o relaveras mineras, aun así, es importante realizar un seguimiento y mejorar el manejo ambiental de la planta de tratamiento.

Por otro lado, la existencia de un mal tratamiento de aguas residuales domésticas los cuales son vertidos al río Yauli y a ello sumarle que existen zonas que utilizan como desmonteras en la ribera del río. Según lo mencionado nos realizamos la siguiente pregunta: ¿La calidad del agua superficial del río Yauli es adecuada para la conservación de dicho recurso hídrico y existirán manejos ambientales con los cuales podríamos mejorar la calidad del agua?

Finalmente, debemos recalcar que la Autoridad Nacional del Agua Mantaro viene realizando monitoreos de calidad del agua de manera periódica, tanto en época seca y húmeda, sin embargo, la información y resultados no vienen siendo tratados para la solución de los problemas que ocurren con el recurso hídrico, es más un tema de cumplimiento y no de ideas o planteamientos de solución, del cual se puede coordinar y hacer partícipe con la municipalidad distrital. Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), tiene que gestionar con las empresas mineras el cumplimiento de las políticas y compromisos ambientales para el desarrollo económico, social y ambiental o desarrollo sostenible que beneficie al país, es de su potestad realizar una correcta supervisión ambiental.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema principal.

¿Cómo ha variado la concentración de calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales mineros y vertimiento de aguas residuales domesticas del centro poblado de Yauli durante los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 en el rio Yauli, región Junín?

1.1.2.2. Problemas secundarios.

¿Cuál es la variación de concentración de los parámetros fisicoquímicos por las descargas de efluentes durante los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, en el río Yauli, región Junín?

¿Cuál es la variación de concentración de metales pesados por las descargas de efluentes durante los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, en el río Yauli, región Junín?

¿Cuál la variación de concentración de los parámetros microbiológicos por las descargas de efluentes durante los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, en el río Yauli, región Junín?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Nacionales

- Núñez et al. (2014), en el estudio de “Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli – Junín”, señalan que el río Yauli es uno de los afluentes más importantes de la cuenca del Mantaro en la región Junín. El cual tiene su nacimiento en la laguna Pomacocha hasta su desembocadura en el río Mantaro.

Debemos detallar que en el río Yauli existe la explotación de diversos minerales metálicos tales como cobre, plomo y zinc, la existencia de plantas de tratamiento de aguas industriales mineras ha sido implementada durante los últimos años, sin embargo, se debe mejorar el control y tratamiento de éstos. A ello debemos sumar que se vierten vertimientos de aguas domésticas del Centro Poblado de Yauli, los cuales vienen siendo tratados por una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, implementada con apoyo de la empresa Volcan.

Por otro lado, debemos precisar que desde su nacimiento el río Yauli presenta un flujo de agua cristalina y al pertenecer a la nacimiento son aptas para el desarrollo de la vida, sin embargo, estas aguas son impactadas en su transcurso por los vertimientos de actividades industriales mineras, basado en esta problemática se realizó la evaluación de la calidad del agua en el río Yauli en época de avenida asociado a los efluentes generados por Chinalco S.A.C. y Compañía Volcan S.A.C. y ya que se ha observado

que el vertimiento del efluente minero, genera un aumento considerable de las concentraciones fisicoquímicas del río Yauli, donde las conclusiones son las siguientes:

Se evaluó la calidad del agua del río Yauli determinando iones metálicos de hierro en las aguas del río Yauli como producto del drenaje ácido de mina (DAM) de los relaves y pasivos producto de la actividad minera en el distrito de Yauli, por lo que se requiere la aplicación de técnicas de tratamiento preventivo y correctivo para poder cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua en lo que respecta a la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”.

Se ha establecido que en el periodo de estiaje en que se realizó el estudio (Julio a Setiembre), la evaluación de la calidad ambiental del río Yauli – Junín dio como resultado altas concentraciones de hierro y baja concentración de cobre. En el primer caso supera los niveles de los ECAS para agua en su categoría 3 y en el otro caso está por debajo de lo establecido por dicha norma. Ambas cantidades de metales a pesar de ser mínimo en su concentración, son perjudiciales a la salud de las personas y animales, por la propiedad de sinergia que ocurre entre estos metales pesados.

- Villegas (2013), en la tesis de “Implementación de un programa de monitoreo de la calidad de agua, como propuesta en la prevención y control del impacto ambiental en la planta concentradora Mahr-Tunel”, señala que uno de los parámetros evaluados fue la presencia de metal Zinc en el agua, donde este metal se encuentra sobrepasando los LMP en sus ocho (08) puntos de monitoreo, y en todos los periodos de evaluación (2011 y 2012); por lo que nos pone en alerta grave ya que los metales pesados son elementos metálicos, como el zinc, cadmio y otros con elevados pesos moleculares y potencialmente tóxicos para el ambiente y humano.

- Autoridad Administrativa del Agua Mantaro (2017), en el informe de “*Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en el Ámbito de la Cuenca del Río Mantaro*”, detalla los siguientes resultados y conclusiones:

“En la Unidad Hidrográfica del Yauli, dentro de los parámetros más significativos que alteran su calidad del agua, están la presencia de metales como el manganeso, plomo, zinc y cobre el cual podría tener como fuente potencial de contaminación a los pasivos mineros, geología de la zona o vertimiento minero cercano. Los patógenos como los Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* también están presentes en forma significativa, el cual tiene su principal fuente de contaminación potencial a los vertimientos municipales y domésticos”.

- Vásquez (2018), tesis de postgrado, titulada “Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimiento de Efluentes Industriales en la Subcuenca del río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco”, detalla que el río San Juan es uno de los sistemas hidrológicos que alimenta el río Mantaro y en determinadas épocas al Lago Junín, quien forma parte de una gran reserva natural y que lamentablemente ha venido siendo impactada desde hace muchos años con diversas descargas contaminantes de origen industrial y doméstico, los aportes recibidos por el Río San Juan corresponden principalmente a componentes de origen industrial minero de empresas instaladas en su cuenca hidrográfica como Aurex, Cerro SAC y El Brocal, en el cual concluye que durante los 11 años de monitoreo en el río San Juan, para la mayoría de las estaciones, las concentraciones de metales pesados como Arsénico, Plomo, Zinc, Manganeso, Cobre, Hierro y Cadmio han venido reduciéndose en el tiempo, lo cual no necesariamente significa que hayan alcanzado los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3 que corresponde al riego y bebida de animales. Es importante mencionar que, debido a la obligatoriedad de tratar los efluentes industriales mineros, las técnicas de tratamiento con plantas de

neutralización han ayudado en reducir la presencia de iones metálicos en el río San Juan, sin embargo, estos métodos utilizados al parecer no están alcanzando la eficiencia esperada.

Los antecedentes mencionados explican la necesidad de la realizar esta investigación para verificar las medidas adoptadas por las empresas mineras y poblaciones en la zona del río Yauli. Con ello mitigar y garantizar el impacto ambiental negativo en el cuerpo receptor y acorde con los requisitos ambientales vigentes.

1.2.2. Internacionales

- León (2014), la tesis de pregrado, titulada “Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Conguime y Diseño de una Propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe Cantón Paquisha”, detalla que los principales problemas en la microcuenca son las actividades mineras existentes en la zona las cuales causan contaminación al agua por medio antrópico, además a esto se suma la afectación que causa la ganadería y agricultura en la zona por su mal manejo. Además, señala que uno de los problemas más relevantes deriva de la ausencia de valoración del nivel de descargas de los desechos mineros, sus características y el desconocimiento de su afectación al recurso hídrico.
- Bi Zun Zhen Wu (2009), presento la tesis de pregrado, titulada “Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008”, señala que el arrastre de sedimentos de la carretera y la transferencia de materia fecal por escorrentía a los cuerpos de agua, deteriora la calidad físico-química y bacteriológica del agua de la quebrada Victoria. Asimismo, la falta de una línea base de la calidad del agua

dificulta la toma de decisiones adecuadas sobre el control y monitoreo de su calidad, y darle el seguimiento adecuado a los impactos que generan las diferentes actividades que se desarrollan en la microcuenca, para así detectar cualquier deterioro de calidad.

- Villa (2011), presento la tesis de pregrado, titulada “*Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de Tratamiento y Control de la Contaminación*”, señala que los sistemas de abastecimiento de agua superficial se ven agravada frecuentemente por el crecimiento de la población y las demandas agrícolas debidas a la utilización de la tierra, por ello se establecido una red de monitoreo que permita determinar la calidad del agua del río Yacuambi. Llegando a la conclusión que existe el deterioro del ecosistema del río Yacuambi siendo el factor Coliformes fecales el de mayor significancia por las altas concentraciones encontradas.
- Programa Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (2019), señala que el uso de agua ha venido aumentando un 1 % anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsando por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30 % por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industriales y domésticos.

El agua potable está reconocida como derecho humano fundamental, ya que son indispensables para asegurar el sustento saludable de los hogares y fundamentales para mantener la dignidad de todos los seres humanos. Es preciso tomar precauciones para diferenciar claramente entre “derechos de agua” y los derechos humanos al agua. Los derechos de agua, que normalmente están regulados por leyes nacionales, se le confieren a un individuo u organización mediante derechos de propiedad o derechos

sobre la tierra, o mediante un acuerdo negociado entre el estado y los propietarios de tierras. Tales derechos son a menudo temporales y pueden ser retirados. Los derechos humanos al agua y al saneamiento no son temporales ni están sujetos a la aprobación del estado, y no pueden retirarse.

- Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (2010), señala que los factores claves en relación con el agua en Río+20, en resumen, han sido los siguientes:

En el mundo todavía hay personas sin acceso a una fuente mejorada de agua potable y que carecen de saneamiento. En julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció de forma explícita el derecho humano al agua y saneamiento defendiendo que una fuente de agua potable y de saneamiento inocuos es esenciales para la realización de todos los derechos humanos.

Respecto a la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, conlleva al desarrollo y una gestión equitativa y sostenible de los limitados recursos de agua del mundo y como mecanismos para satisfacer los conflictos de la demanda.

- Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que la cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

Debemos recalcar que en la actualidad existen herramientas y controles en la calidad del agua en la zona del río Yauli, estas mejoras han sido implementadas para cumplir con las normativas ambientales aprobadas por el estado peruano y a ello sumarle la coordinación con la municipalidad de Yauli y las empresas mineras que la

involucran como área de influencia social ha conllevado a la construcción de plantas de tratamiento de agua residual doméstica e industrial, sin embargo, aún existe una diferencia entre la tasa de las capacidades instaladas para tratamiento de aguas residuales e industriales y la tasa real de tratamiento, ya que las plantas de tratamiento de aguas a menudo funcionan mal debido a la falta de mantenimiento o al mal diseño.

1.3. Objetivos

- *Objetivo General*

Determinar la concentración de calidad del agua del río Yauli, en el centro poblado de Yauli, provincia de Yauli, Región Junín para el periodo 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

- *Objetivos específicos*

- Realizar monitoreo y análisis de la calidad del agua durante el año 2020.
- Evaluar los resultados del seguimiento de las concentraciones de metales, elementos fisicoquímicos y microbiológicos, durante los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, con los niveles establecidos en el ECA Agua dado por el D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, 3 y 4.
- Identificar el origen y potencial de elementos contaminantes.

1.4. Justificación

El agua es indispensable para la vida. El acceso al agua de bebida segura, está limitada por la escasez física y económica, que afecta a millones de personas produciendo muchas enfermedades y muertes. En la actualidad existe un alto grado de contaminación los cuales se ven representados en los ríos y lagos. Por lo cual, es necesario tratar de conservar y recuperar las fuentes de agua.

El trabajo de investigación actual quiere demostrar que existe un impacto ambiental negativo en el cuerpo receptor del río Yauli por parte de las empresas mineras y por las descargas domesticas de la población de Yauli, el cual presenta altas concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y, por ende, van deteriorando la calidad del rio Yauli y seguirán incrementando sino tenemos un plan de manejo ambiental correctivo.

- ***Importancia***

El avance de la investigación actual permitirá evaluar la calidad del agua del río Yauli e identificar los factores de contaminación que causan estos problemas, y la Municipalidad del Centro de la ciudad de Yauli, así como las plantas de tratamiento de aguas industriales de las empresas mineras podrán determinar medidas preventivas y alternativas que podrán conservar y mejorar la calidad del agua superficial del río Yauli.

1.5. Hipótesis

El monitoreo de la calidad del agua en el periodo 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, mostraría concentraciones elevadas de metales, elementos fisicoquímicos y microbiológicos con respecto al ECA, Categoría 1, 3 y 4.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. *Agua*

Es una sustancia química compuesta de 2 átomos de hidrogeno y 1 de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: liquido, gas (vapor) y solido (hielo). Se conoce, además, que en la naturaleza sigue un ciclo (ciclo hidrológico). (Sierra, 2011, p. 53)

2.1.2. *Agua superficial*

Son todas las aguas que fluyen sobre la superficie de la tierra formando cursos o corrientes. Proviene directamente de la escorrentía superficial o de la escorrentía que fluye o circula por el subsuelo. En el primer caso son los ríos, quebradas y lagunas. En el segundo caso, los manantiales. (Absalón, 2000)

2.1.3. *Calidad del agua*

Se define en función de un conjunto de características variables físico-químicas y microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006), tras cortos o largos periodos de exposición. Mientras que la microbiología se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano. (Rojas, 2002)

2.1.4. *Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos*

Los parámetros guardan relación con los contaminantes potenciales, que pueden estar presentes en el agua superficial, estos están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos.

2.1.4.1. Parámetros físicos del agua. Se clasifican como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua.

A. Temperatura. La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.). (Sierra, 2011, p. 58)

B. Turbiedad. Se conoce a la turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre ellas la más importantes pueden ser:

La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos. Tiene desde su origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico (microorganismos, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas. (Sierra, 2011, p. 55)

C. Conductividad eléctrica. Es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o Siemens/cm. La conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos. (Sierra, 2011, p. 60)

2.1.4.2. Parámetros Químicos. La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua recolectada en un punto específico y en un momento dado.

A. *Potencial de hidrogeno (pH).* El valor de pH del agua, es un indicador que nos determina la acidez o alcalinidad. Se trata de una escala logarítmica inversa basada en la concentración de iones de hidrogeno.

Esta escala va del 0 al 14, siendo 0 extremadamente ácido y 14 extremadamente alcalina; en tanto que un valor de 7 es considerado neutro. Cuantos más iones de hidrogeno contenga el agua, más acida será esta y más bajo su valor de pH. (León, 2014, p. 60)

B. *Acidez.* Generalmente se considera que todas las aguas que tienen pH a 8,5 unidades tienen acidez. La acidez en las aguas naturales es ocasionada de CO₂ o a la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCL).

Se conoce con el nombre de acidez mineral a la ocasionada por la presencia en el agua de ácidos fuertes. Este tipo de acidez se presenta en el agua debido a la contaminación industrial. Desechos de la industria metalúrgica y la fabricación de ácidos a escala industrial son los causantes de la acidez mineral en el agua. Sin embargo, hay casos en que aguas naturales tienen acidez mineral, por ejemplo, aguas que nacen o pasas por zonas mineras.

Las aguas que contienen acidez, sin importar el tipo, son corrosivas. Por lo tanto, aguas con acidez por encima de los valores permisibles deben ser tratadas. (Sierra, 2011, p. 60)

C. *Alcalinidad.* La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. La alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias características por el radical OH⁻, por ejemplo, la soda cáustica (NaOH). También puede ser ocasionada por la presencia de bases fuertes en el agua. Estas bases llegan al agua, debido principalmente a la contaminación industrial. (Sierra, 2011, p. 62)

D. Oxígeno disuelto (O.D.). El oxígeno disuelto adecuado que es necesario para la vida de peces y otros organismos acuáticos. Aproximadamente 3 a 5 mg/L o ppm es el límite más bajo para sustentar la vida de los peces durante un periodo de tiempo prolongado. (U.S.G.S. 2006, p. 74)

E. Conductividad. Se mide en umhos/cm o uS/cm. Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. Permite establecer relaciones e interpretación de resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua. Es la mejor medida indirecta de la salinidad, ya que por otros métodos se torna engorroso e impreciso. Mediante el establecimiento de relaciones empíricas de la conductividad en soluciones estándar, posibilita resultados más rápidos y funcionales. (Sierra, 2011, p. 83)

F. Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)⁵. Parámetro de mayor significación cuando se trata de determinar la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en corrientes de agua en las que persistan condiciones aeróbicas. Normalmente se determina la demanda a los 5 días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente. (Sierra, 2011, p. 83)

G. Demanda química de oxígeno (D.Q.O.). La DQO es una prueba ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos. (Sierra, 2011, p. 77)

H. Sólidos totales disueltos. Es una medida de los materiales disueltos en el agua que indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso de agua. (U.S.G.S. 2006, p. 76)

I. Grasas. El termino grasa se aplica a una amplia variedad de sustancias orgánicas que se extraen de soluciones acuosas o en suspensión. La extracción de estas sustancias se hace en el laboratorio utilizando hexano. Generalmente, se pueden considerar grasas compuestos como los hidrocarburos, esterres, aceites, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular, dado que todos estos compuestos son solubles en hexano. Se utiliza el hexano en la prueba de laboratorio para medir las grasas porque es un buen solvente y tiene un mínimo poder solvente para otros compuestos orgánicos.

Las grasas son generadas o llegan al agua por actividades antrópicas, y su presencia y medición están relacionadas principalmente con actividades que tienen que ver con el manejo de aguas residuales. Normalmente, las empresas operadoras de los sistemas de alcantarillado no permiten el vertimiento de aguas residuales con contenidos de grasas superiores a 100 mg/L. Lo anterior debido a que las grasas obstruyen las tuberías y presentan problemas en la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Sierra, 2011, p. 69)

J. Zinc. Es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar opalescencia en concentraciones de 5 mg/L. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales. (Sierra, 2011, p. 86)

K. Arsénico. La contaminación por As aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza reproducción celular. Los tejidos de muchos organismos lo acumulan, por tanto, sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal. (Sierra, 2011, p. 87)

L. Cadmio. Es especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas. Afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha). Produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. (Sierra, 2011, p. 87)

M. Mercurio. Cuando está presente en agua de consumo de una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida, preparada con dicha agua. Debilita progresivamente los músculos, pérdida de la visión, deteriora otras funciones cerebrales, genera parálisis eventual, estado de coma o muerte. (Sierra, 2011, p. 87)

N. Plomo. Compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano. Produce una variedad de síntomas en los tejidos vulnerables. Cuando el agua está contaminada con sales de plomo, se le forma a los peces una película mucosa coagulante, primero sobre las agallas y luego sobre todo el cuerpo, causándoles sofocación. (Sierra, 2011, p. 87)

2.1.4.3. **Parámetros Biológicos.** El agua destinada al consumo humano y uso doméstico debe estar libre de patógenos. La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal (Henry y Heinke, 1999) y por lo tanto producen cuadros diarreicos en las personas. Existen muchas fuentes de contaminación, dentro de las más comunes se encuentra la ingestión de alimentos o agua contaminada con heces. Los principales indicadores para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua son los Coliformes fecales y la bacteria *Escherichia coli*, ambos provienen de origen humano y animal.

A. *Coliformes fecales.* Los coliformes fecales (termo resistentes) o termotolerantes, se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°- 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal, en su mayoría están representados por el microorganismo el género *Escherichia Coli* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. (Easton, 1998)

B. *Escherichia coli (E. Coli).* Es una bacteria que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es un huésped constante del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, que puede causar infecciones gastrointestinales (APHA et al. 1995). Por su especificidad, está considerada como un buen índice de contaminación fecal reciente, la cual está relacionada con las descargas de aguas residuales domésticas (OMS, 1995), por lo que su detección implica investigar las fuentes potenciales o el sistema de distribución (WHO, 2001). Se considera el índice de contaminación fecal más adecuado.

2.1.5. Aguas Residuales

Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren un tratamiento previo. (ANA, 2016)

2.1.6. Aguas Residuales Industriales

Originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, que incluye las provenientes de la actividad minera, agrícola, pesquera, agroindustrial, entre otras. (ANA, 2016)

2.1.7. Aguas Residuales Municipales

Aguas residuales domesticas que pueden mezclarse con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial recolectadas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.8. Efluente

Líquido o agua residual previamente tratada proveniente de actividades antropogénicas que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.9. Contaminación

La contaminación es un cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas, que puede afectar negativamente al hombre y a las especies animales y vegetales. (Adame, 1995).

La contaminación es cualquier desviación de la pureza. Cuando se trata de contaminación ambiental, el término ha llegado a significar desviaciones a partir de un estado normal, en lugar de desviación a partir de uno puro. (Adame, 1995).

2.1.10. Contaminación del Agua

Las aguas en su discurrir por los cauces naturales, en ausencia de perturbaciones artificiales, alcanzan concentraciones de oxígeno disuelto próximo a la saturación, en equilibrio con la vida acuática, consumiéndolo los organismos vivos y suministrándolo a las plantas verdes sumergidas durante el día, a la vez que se produce oxigenación. (Rodríguez, 2005)

Al ser el agua indispensable para el desarrollo de la vida humana se debe reconsiderar que, al utilizarla en nuestras actividades diarias, se requiere de las exigencias higiénicas más rigurosas; las mismas que cada vez es más difícil de cumplir debido a su contaminación que la reduce en cantidad y calidad. (Rodríguez, 2005)

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de este líquido, además de una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar a los Ríos, laguna y mares, y el uso de los medios de transportes fluviales y marítimos que en muchas ocasiones son causa de contaminación. (Echarri, 1998)

2.1.11. Protocolo

Documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.12. Estándar de Calidad Ambiental (E.C.A.)

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (ANA, 2016)

2.1.13. Monitoreo de Calidad del Agua

Proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua con el objeto de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control de las fuentes de contaminación. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.14. Cadena de Custodia

Documento fundamental en el monitoreo de la calidad del agua que permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados del análisis del laboratorio. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.15. Reactivo para Preservación de Muestras

Reactivos que dependen de las muestras a preservar cuyo objetivo es retardar la acción biológica, el hidrolisis de compuestos y complejos químicos y reducir la vitalidad de los constituyentes.

2.1.16. Punto de Monitoreo

Ubicación geográfica de un punto donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad de un cuerpo natural de agua en forma periódica, en el marco de las actividades de vigilancia de la calidad del agua. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.17. Muestreo de Agua

Parte representativa del material a estudiar (para este caso agua natural superficial) en la cual se analizarán los parámetros de interés. (Compendio de Legislación Ambiental del Perú, 2011)

2.1.18. Metodología de Monitoreo

Antes de iniciar las actividades de monitoreo es necesario conocer al cuerpo de agua donde se desarrollará el monitoreo y conocer aspectos importantes que definan la calidad del recurso hídrico. Esto ayudará a definir los parámetros a controlar, el número de puntos de monitoreo, la frecuencia de monitoreo y elaborar un plan de trabajo efectivo para el desarrollo del monitoreo, considerando el uso principal que tengan los recursos hídricos en estudio de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 056-2020-ANA que aprueba la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. (Autoridad Nacional del Agua ANA, 2016)

2.2. Marco Legal

- Constitución Política del Perú

El Capítulo I habla sobre los Derechos Fundamentales de toda Persona, en el artículo 2, inciso 22, indica que toda persona tiene derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

Además, en el título II y capítulo II, artículos 66° al 68° sostiene que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

➤ Ley General del Ambiente – N° 28611

En el artículo N° 1 menciona que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

En el Artículo N° 31° menciona sobre el Estándar de Calidad Ambiental, y lo define como: La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

➤ Política Nacional Ambiental – D.S. N° 012-2009-MINAM

Tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de las personas, asegurando la permanencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales a largo plazo; y alcanzar el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, cuidado y recuperación del ambiente y sus componentes, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, de

una manera responsable y teniendo en cuenta el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

➤ Ley de Recursos Hídricos – N° 29338

En el Artículo 3 menciona la declaración de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones.

En el Artículo 75 trata sobre de la Protección del agua, indica que la Autoridad Nacional, a través del consejo de cuenca que corresponde, ejerce funciones de control y fiscalización con la finalidad de prevenir y combatir los efectos de la contaminación en los ríos, lagos y mar en lo que corresponda. Podrá coordinar, para tal fin, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y locales.

➤ Estándar de Calidad Ambiental – D.S. N° 004-2017-MINAM

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental para agua quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta norma modifica algunos valores de algunos parámetros correspondientes a algunas categorías de los Estándares de Calidad y mantiene a su vez algunos otros establecidos por los anteriores Decretos Supremos.

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. La presente Resolución aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales.

➤ Resolución Jefatural – R.J. N° 056-2018-ANA.

- La presente resolución precisa la clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, la cual detalla que el río Yauli pertenece a la Categoría 3 (Riego de vegetales y bebidas de animales), esto en el marco de la tercera disposición complementaria transitoria del D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA agua), en tanto la Autoridad Nacional del Agua (ANA) no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que esta tributa, el cual es a la parte alta del río Mantaro.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Nivel de Investigación

La presente investigación se desarrolló de dos (02) tipos: Descriptiva y explicativa.

Se indica que es de tipo descriptiva porque implica observar y describir la realidad sin influir en ella de ninguna manera, por lo que el analista debe interpretarla mediante la observación directa y el conocimiento adquirido a partir de datos proporcionados por otros autores. Esto es comprensible porque se ha encontrado la causa del problema.

Es explicativa porque se buscan las causas que provoca el problema.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1. Delimitación Temporal

La presente evaluación de tesis, se llevó a cabo en el mes de febrero del 2020.

Asimismo, se cuenta con información de monitoreos de calidad del agua de la AAA-Mantaro de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

3.2.2. Delimitación Espacial

La evaluación de la presente Tesis se desarrollará en el río Yauli, ubicado en el distrito y provincia de Yauli, región Junín.

3.3. Variables

En las siguientes tablas se presentan las variables independientes a utilizar en la presente tesis.

Tabla 1*Variables Independientes*

Variables independientes	Indicadores
1. Elementos físico-químicos	- pH, uS/cm, mg/L
2. Elementos microbiológicos	- NMP/ml

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2*Variables Dependientes*

Variables dependientes	Unidades
1. Calidad del Agua	- Concentración de elementos físicoquímicos, ECA Agua, Categoría 1, 3 y 4. - Concentración de elementos metálicos, ECA Agua, Categoría 1, 3 y 4. - Concentración de elementos microbiológicos, ECA Agua, Categoría 1, 3 y 4. -

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Población y Muestra

El cálculo de la presente tesis comprende el área de la subcuenca Yauli, el cual asciende a 691,18 km². Del cual se tomó un sector que abarca a la ciudad de Yauli, de donde se tomaron cuatro (04) estaciones de monitoreo de agua, los cuales abarcan una distancia de 13,5 km aproximadamente, abarcando desde aguas arriba (antes del centro poblado de Yauli), hasta la zona baja (antes de la unión del río Yauli con el río Pucara).

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales

En la presente tesis se ha utilizado lo siguiente:

3.5.1.1. Materiales Cartográficos:

- Carta Nacional de La Oroya, elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Mapa geológico del departamento de Junín escala 1:500 000.
- Shapes File de la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua.

3.5.1.2. Equipos y materiales de campo:

- 01 GPS: Marca Garmin Modelo 64S
- 01 multiparámetro: Marca YSI Modelo 566 MPS (del indicador) y YSI 5564 (del sensor).
- 01 cámara Fotográfica marca Canon de 12.0 Mega Píxeles.
- 01 libreta de campo.
- 01 pizarra de 50 cm por 30 cm.
- 04 lapiceros y 02 plumones para pizarra.
- Utensilios para el muestreo: guantes quirúrgicos, mascarilla, frascos de botella de boca ancha de 1 L y 500 mL, botellas de vidrio de 250 mL, Gel Pack.

- Preservantes: Ácido sulfúrico, ácido nítrico, 20 ml aproximadamente para las cuatro (04) muestras monitoreadas.
- Cooler para traslado de muestras.
- 01 cadena de custodia.
- 01 botella de agua destilada.

3.5.1.1. Equipos y materiales de gabinete. Laptop Asus Core i5, impresora Multifuncional Canon, millares de papel, útiles de escritorio.

3.5.2. Software

- Microsoft Office 2019 (Word y Excel). - Empleado para la edición del informe.
- Arc Gis 10.3.- Empleado para la elaboración de mapas.

3.6. Procedimientos

El procedimiento seguido para la presente investigación es el siguiente:

- Solicitud de información en las autoridades competentes
- Toma de muestras en el punto de estudio
- Análisis de muestras en un laboratorio
- Análisis de resultados obtenidos del laboratorio
- Elaboración del informe final

3.7. Análisis de datos

3.7.1.1. Análisis y recopilación de datos. Se solicitó información de los monitoreos de calidad del agua del río Yauli realizados por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA-Mantaro) del año 2015 al 2020, asimismo, nos brindaron información hidrográfica de la subcuenta Yauli, por otro lado, la información y estadística de la población, salud, entre otros, fueron generados por la data del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI).

3.7.1.2. Análisis de muestras. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se determinarán en un laboratorio acreditado utilizando métodos estandarizados. Entre los procedimientos utilizados para el análisis tenemos los de EPA 200.8 Rev 5.4:1994, Determination of trace elements in Waters and wastes by inductively coupled plasma – Mass Spectrometry, EPA 300.0 Determination of organic anions by ion chromatography, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen DEMAND (bod).

3.7.1.3. Análisis para informe final. Cuando fueron entregados los resultados de laboratorio, se realizó la comparativa de los parámetros físico, químicos y microbiológicos de cada año y poder conocer cuáles son las variaciones surgidas en este periodo de tiempo; finalmente se brindare las conclusiones y recomendaciones.

Teniendo en cuenta que tenemos cuatro (04) puntos de monitoreo de los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2020. Todos estos resultados serán comparados con el ECA según Decreto Supremo N° 004-2017.MINAM para las categorías 1, 3 y 4.

3.8. Consideraciones: definición del Área a Evaluar

3.8.1. Ubicación

3.8.1.1. Ubicación política. El río Yauli se localiza en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín.

3.8.1.2. Ubicación geográfica. La subcuenca del río Yauli se encuentra en sierra centro del Perú, localizado entre las coordenadas 385728E y 8684125N – 377475E y 8728113N; aproximadamente entre los 3950 y 4350 m s.n.m.

La coordenada UTM del centroide de la subcuenca es:

E: 381 043 m
 N: 8 710 728 m
 Zona: 18 S
 Altitud: 4150 m s.n.m.
 Datum: WGS84

Se adjunta Mapa de Ubicación (M-01) en el Anexo N 10.

3.8.2. Accesibilidad

La accesibilidad hacia la subcuenca Yauli, se realiza de una (01) manera, mediante vía terrestre.

Se parte desde la ciudad de Lima vía terrestre por la carretera central hasta el kilómetro 170. Luego de ello hay un desvío hacia la ciudad de Yauli el cual tiene una distancia de 5 km. El tiempo promedio de llegada es de 5 horas.

Tabla 3

Accesibilidad

Vía	Ruta	Tiempo	Distancia
-----	------	--------	-----------

Terrestre	Lima - Yauli	5 horas	175 km
-----------	--------------	---------	--------

Fuente: Elaboración Propia

3.8.3. Demografía

Según el censo del INEI, 2017. El distrito de Yauli cuenta con una población de 5077 habitantes, de los cuales el 78,7 % vive en zona urbana y el 21,3 % en zona rural.

3.8.4. Servicios básicos de la vivienda

La amplia mayoría del Centro Poblado de Yauli, usan la electricidad para alumbrarse (98,8%), pero paralelamente, un amplio porcentaje (29,2%) de hogares sigue usando velas.

La forma dominante de abastecimiento de agua es el sistema de entubado, el cual usa el 95,4% de los hogares; este sistema conecta la fuente de agua con los hogares, pero sin garantizar que el agua sea potable.

Respecto a los que tienen servicio higiénico, el 42,6% de los hogares usa red pública dentro de la vivienda y el 52,3% usa red pública fuera de la vivienda. La forma predominante como se eliminan los desechos sólidos que produce cada hogar, es mediante el camión recolector de la basura o el contenedor de la calle.

3.8.5. Características climáticas

Las partes aledañas al valle del Mantaro, son semisecas y frías con poca humedad en otoño e invierno, C (o,i) C'. La zona más alta del departamento de Junín se ubica en la provincia de Yauli, sobre los 4 500 m s.n.m. y presenta climas muy lluvioso y lluvioso, con abundante humedad todo el año, y es semifrigido, A(r)D' y B(r)D'. Además, tiene clima glaciar.

3.8.5.1. Precipitación. Según los registros de la estación Yauli para los periodos entre 2009 y 2016 las precipitaciones mensuales variaron entre 0 mm y 463 mm; en el mes de junio ocurrieron las mínimas precipitaciones, mientras que las mayores precipitaciones se presentaron entre los meses de octubre y abril. De acuerdo con los registros de esta estación, la precipitación anual promedio a lo largo del periodo de registro es de 1 511,3 mm.

3.8.6. Ecología

Hay 4 formaciones principales que predominan en la cuenca:

La primera es la formación tundra pluvial – Alpino Tropical (tp-AT) con el 46 % del área de la cuenca (319 km²). Geográficamente esta formación ocupa la franja inmediata inferior del piso nival entre los 4300 y 5000 m s.n.m. a lo largo de la cordillera central de los andes.

El relieve topográfico es predominantemente abrupto y bajo el modelaje glacial, con afloramientos rocosos, la biotemperatura media anual es de 3,2 °C, el promedio máximo de precipitación La otra formación es el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), que ocupa el 34,5 % del área de la cuenca (238 km²). Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm; la biotemperatura media anual máxima es de 6°C y la media anual mínima es de 3,8 °C. anual es de 1000 mm.

Sigue la formación bosque húmedo – Montano Tropical (bh-MT), con el 5% del área de la cuenca (34 km²). Se extiende entre los 2800 msnm y 3800 msnm y comprende la parte baja de la cuenca; la biotemperatura media anual máxima es de 13,1 °C y la media anual mínima es de 7,3 °C.

Por último, la formación Nival Tropical (NT) con el 14 % del área de la cuenca (99 km²). La zona nival tropical posee elevaciones superiores a 4700 msnm y con temperaturas promedio por debajo de 1,5°C. Las masas de hielo actúan regulando el régimen hidrológico de

los riachuelos, manantiales, lagunas y son las principales fuentes de suministros de aguas subterráneas para el desarrollo de vegetación.

3.8.7. Hidrografía – Subcuenca de Yaulí

El recurso hídrico superficial principal lo constituye el río Pomacocha- Yauli (de 184 km² de área de recepción) con sus tres (03) lagunas reguladas y que son derivadas para fines energéticos. Se sabe que están contaminadas por efectos de la actividad minera, aunque se desconoce el grado de afectación.

El río Yauli, propiamente definido, se toma desde la salida de la laguna Pomacocha, capta los afluentes como la Quebrada Rumichaca hasta la toma Cutt Off teniendo un área de recepción de 200 km².

3.8.7.1. Principales afluentes del río Yauli. Los principales afluentes son el río Pomacocha (propiamente río Yauli), río Pucará, y el río Rumichaca, siendo el que mayores recursos hídricos disponibles tiene es el río Pomacocha.

3.8.7.2. Lagunas principales. Son tres las lagunas principales que están reguladas. La más grande es la laguna Pomacocha con 184 km² de cuenca de recepción y que incluyen aguas arriba las lagunas reguladas de Huallacocha Baja y Huallacocha Alta.

3.8.8. Geología

Entre la Oroya y el estrecho de entrada al Valle del Mantaro hay depósitos glaciares, terrazas y depósitos fluvio-glaciáricos en la zona alta de la subcuenca de Yauli.

La formación Casapalca o “Capas rojas”, como también se le conoce, constituye sedimentos continentales de amplio desarrollo en la cordillera andina central y en el área aflora principalmente en la hoja Conaica. Consiste de una intercalación de brechas y conglomerados de clastos calcareos y cuarcíticos, cementados por materiales areno-arcillosos de tonos rojizos

en la base y de areniscas, conglomerados y lutitas con paquetes calizas y chert, igualmente de tonos rojizos gradando levemente a blanquecinos – verdosos, en la parte superior.

3.8.9. Actividades económicas

La actividad económica predominante de la población permanente de Yauli es la minería, en la cual participa el 45,6% de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada. Alrededor de una cuarta parte de la población (23,5%), se dedica a los servicios, ya sea generales o de alimentación; la tercera actividad económica en importancia es el comercio, que agrupa al 11,4% de la PEA ocupada.

3.8.10. Salud

En el distrito de Yauli acuden a algún lugar en busca de atención en salud, es así que el Hospital de EsSalud es el lugar al que acude la mayoría para la atención de salud (39,8% del total), seguido por las farmacias o boticas más cercanas, es decir automedicación (23,8%) y posteriormente por el Centro de Salud de Yauli (19,9%).

3.8.11. Nivel de desarrollo

Un 21% de hogares de la zona reside en viviendas que tienen hacinamiento; este porcentaje

se debe básicamente a la ciudad de Yauli. En la zona de Yauli el 89% de los hogares no son pobres; la pobreza alcanza a menos del 8% de la población total y la pobreza extrema apenas bordea el 3%.

IV. RESULTADOS

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de los parámetros físico, químicos y microbiológicos de los monitoreos realizados en el 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, los cuales son comparados con el ECA del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Para la generación de la evaluación de la calidad del agua del Yauli, se solicitó información de la Autoridad Administrativa del Agua Mantaro (AAA-Mantaro), con el objetivo de evaluar los resultados del monitoreo la calidad del agua superficial en el ámbito de la subcuenca del Yauli. Los monitoreos son semestrales y siguiendo los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA).

En este estudio se consideraron cuatro (04) estaciones de monitoreo cuyas codificaciones son RYaul1, RYaul3, RYaul4, RYaul5 y son los mismos que realiza la AAA-Mantaro en su informe de “Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en el Ámbito de la Cuenca del Río Mantaro – noviembre 2018”. Las principales actividades en generar contaminación del agua son la actividad minera y vertimiento de aguas domesticas del Centro Poblado de Yauli, se consideró hallar los valores de elementos contaminantes del agua los cuales se han clasificado en: Parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, DBO, DQO y metales pesados como arsénico, cadmio, hierro, manganeso, mercurio, plomo, zinc, entre otros), asimismo, los Parámetros microbiológicos: (Coliformes termotolerantes y E. Coli), respectivamente.

Cabe recalcar que los parámetros evaluados en los monitoreos realizados por la AAA-Mantaro durante el periodo 2015 – 2019 fueron analizados con el laboratorio ALS Perú S.A., mientras el monitoreo realizado en febrero del 2020 fue analizado por el laboratorio SGS del Perú S.A.C., ambos debidamente acreditados por INACAL.

Como podrán observar se realizó la evaluación de cada parámetro del agua evaluado en las cuatro (04) puntos de monitoreo a lo largo del río Yauli, los cuales serán comparados con los valores establecidos en los ECA de Agua para Categoría 1 (Poblacional y Recreacional), Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) y Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático - Ríos de Costa y Sierra).

Los datos de las estaciones de monitoreo se indican en las Fichas SIAM adjuntas en el Anexo N° 9 del presente estudio; asimismo el Mapa de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial (M-02) se encuentra en el Anexo N° 10.

Tabla 4

Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua

Estación	Descripción	Coordenadas UTM WGS		Altitud (m s.n.m.)
		84 - Zona 18 S		
		Este (m)	Norte (m)	
RYaul1	Antes del Centro Poblado de Yauli	379 869	8 706 756	4 136
	Después de la descarga de aguas			
RYaul3	residuales domesticas del centro poblado de Yauli.	382 084	8 710 322	4 085
	Después del vertimiento de la			
RYaul4	empresa Chinalco Perú S.A. (planta)	385 443	8 713 932	3 997
	Antes de la unión con el río			
RYaul5	Pucara.	388 965	8 715 105	3 968

4.1. Parámetros Físico-Químicos

La evaluación de los parámetros de calidad del agua del río Yauli fueron registradas de acuerdo a los informes de Monitoreos Participativos de la Calidad del Agua Superficial en el Ámbito de la Cuenca del río Mantaro, realizados por la AAA-Mantaro desde el año 2015 al 2019, cabe precisar que no se tiene datos de algunos parámetros en el año 2017, los cuales entendemos no fueron priorizados en esos monitoreos realizados por la AAA-Mantaro.

4.1.1. Época De Avenida

Se presentan los resultados de los monitoreos de calidad del agua registrados en las cuatro (04) estaciones de monitoreo en la temporada de avenida (noviembre – abril).

Tabla 5

Concentraciones en época de avenida – pH

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	7,83	8,35	-	8,7	8,74	9,56				
RYaul3	7,7	8,06	-	8,4	8,76	9,36	5,5 – 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	6,5 - 9,0
RYaul4	7,97	8,73	-	8,3	8,85	9,15				
RYaul5	8,14	8,4	-	8,4	8,92	9,17				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6

Concentraciones en época de avenida – Oxígeno Disuelto

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	5,42	6,91	-	7,39	5,68	6,1				
RYaul3	5,11	6,73	-	7,12	5,01	5,45	≥5	≥4	≥5	≥5
RYaul4	5,94	6,38	-	7,19	5,56	5,62				
RYaul5	6,40	6,43	-	7,23	6,0	5,98				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7*Concentraciones en época de avenida – D.B.O.*

Estación	Año de monitoreo						Poblacional y Recreacional	ECA (1): Cat.1. A2 D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.3. E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	15	ND(<3)	-	6	8	2,6	5	15	15	10
RYaul3	8	4	-	5	4	2,6	5	15	15	10
RYaul4	ND(<3)	ND(<3)	-	<2	2	2,6	5	15	15	10
RYaul5	ND(<3)	ND(<3)	-	<2	2	2,6	5	15	15	10

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8*Concentraciones en época de avenida – Conductividad*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1)	ECA (1)	ECA (1)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020		Cat.3. D1: Riego de vegetales	Cat.3. D2: Bebida de animales	Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
RYaul1	1878	1342	-	1106	1539	1017	1600	2500	5000	1000
RYaul3	1909	200	-	1382	1323	1285	1600	2500	5000	1000
RYaul4	2092	1920	-	1807	1738	1543	1600	2500	5000	1000
RYaul5	991,7	1040	-	1109	919	985	1600	2500	5000	1000

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9*Concentraciones en época de avenida – D.Q.O.*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	52	ND(<6)	-	11	21	<4,5	20	40	40	**
RYaul3	50	14	-	7	26	<4,5	20	40	40	**
RYaul4	20	6	-	5	4	<4,5	20	40	40	**
RYaul5	34	12	-	7	14	18,8	20	40	40	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

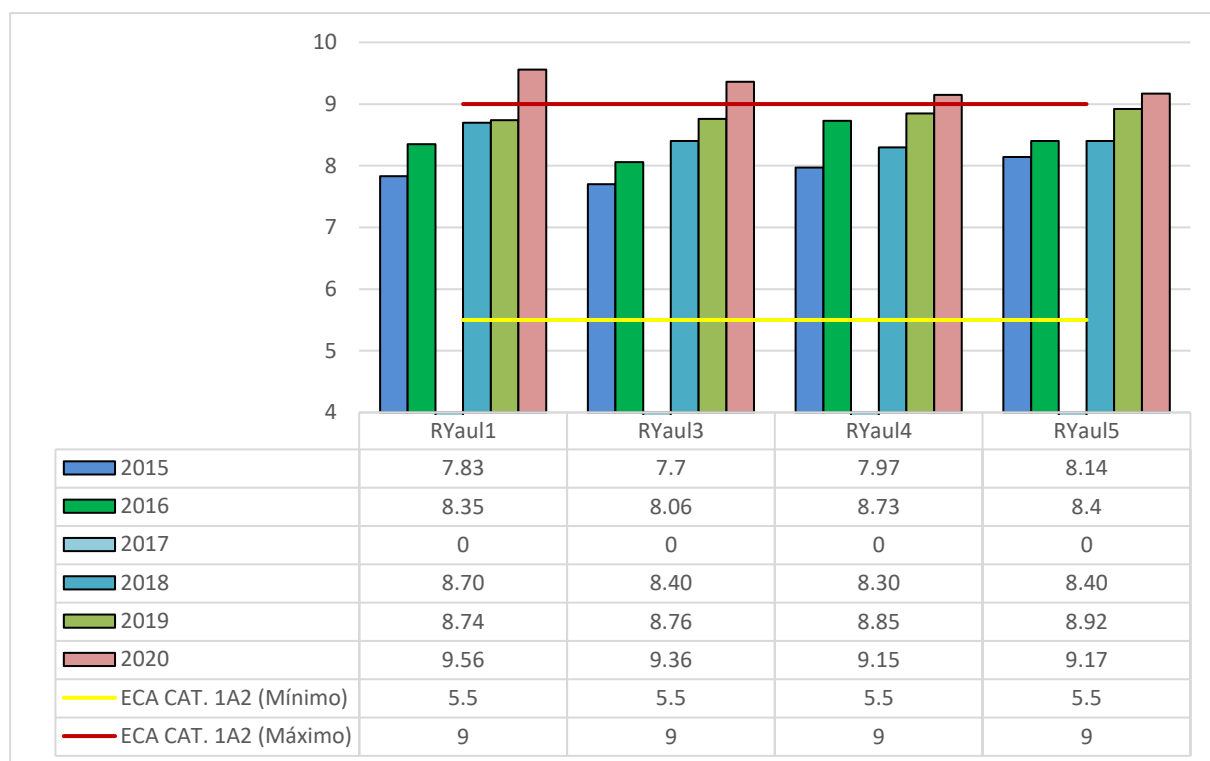
Tabla 10*Concentraciones en época de avenida – Aceites y Grasas*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1) (1)		
							ECA (1): D1:	Cat.3.	Cat.4	
							Cat.1. A2 Riego de	D2:	E2:	
							Poblacional y vegetales	Bebida	Ríos	
							Recreacional	de	costa	
								animales	y	
									sierra	
RYaul1	ND(<1)	ND(<1)	-	ND(<1)	1	<0.4	1,7	5	10	5
RYaul3	ND(<1)	ND(<1)	-	ND(<1)	1	<0.4	1,7	5	10	5
RYaul4	ND(<1)	ND(<1)	-	ND(<1)	1	<0.4	1,7	5	10	5
RYaul5	ND(<1)	ND(<1)	-	ND(<1)	1	<0.4	1,7	5	10	5

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Sobre la base de estos resultados, se elaboraron gráficos que ilustran los cambios en la concentración de los parámetros físico-químicos estudiados a lo largo de los años.

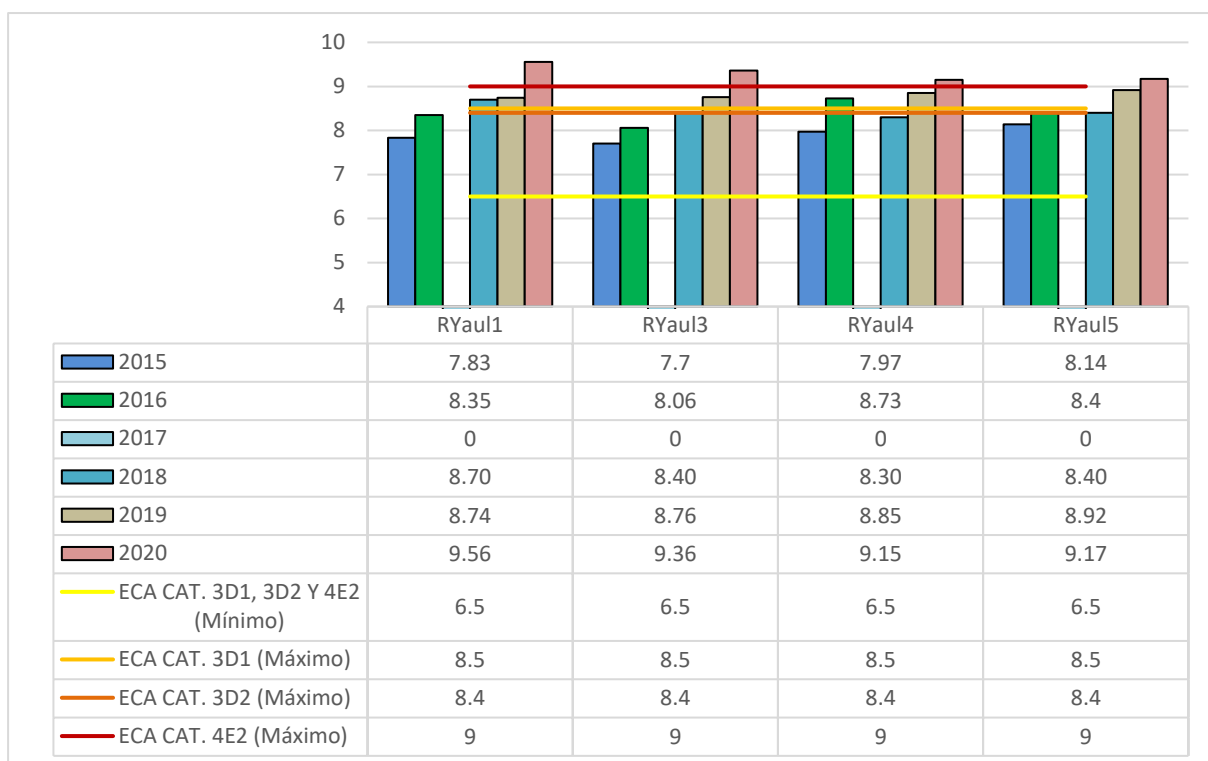
Figura 1*Concentración de pH para categoría 1***Fuente: Elaboración Propia**

El Monitoreo Participativo del 2015, 2016, 2018 y 2019 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

El Monitoreo realizado en el 2020 todas las estaciones del río Yauli (RYaul1, RYaul3, RYaul4 y RYaul5) sobrepasaron los ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2.

Figura 2

Concentración de pH para categoría 3 y 4



Fuente: Elaboración Propia

El Monitoreo Participativo del 2015 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4.

El Monitoreo Participativo del 2016 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, a excepción de la estación (RYaul4).

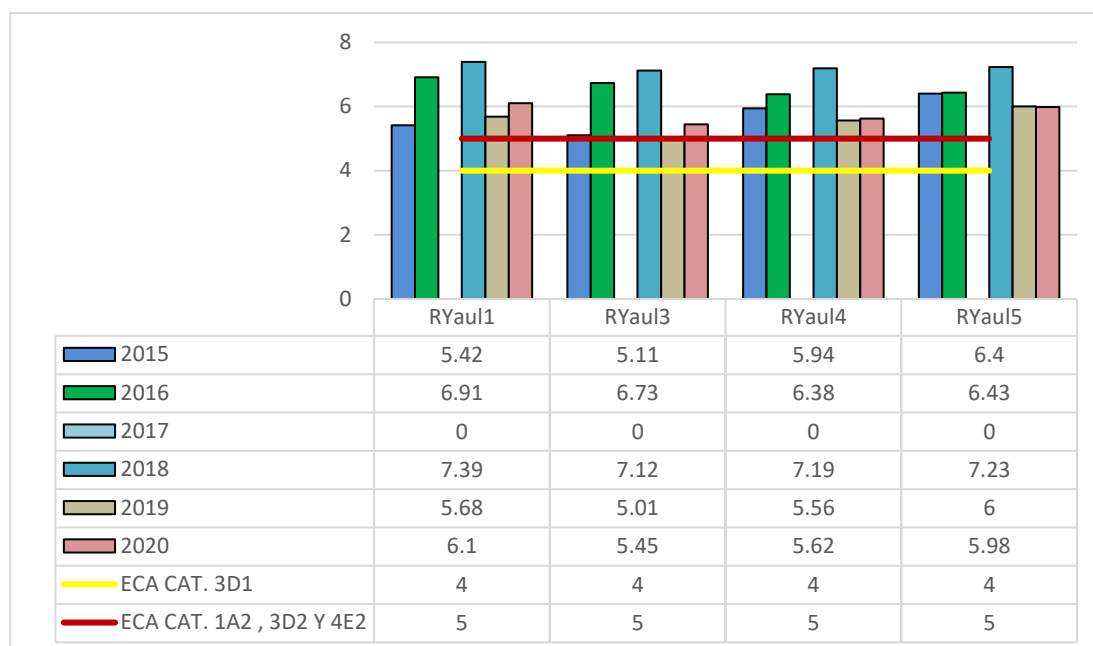
El Monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, a excepción de la estación (RYaul1).

El Monitoreo Participativo del 2019 todas las estaciones sobrepasaron los ECA agua para las categorías evaluadas.

El Monitoreo realizado en el 2020 todas las estaciones sobrepasaron los ECA agua para las categorías evaluadas.

Figura 3

Concentración de Oxígeno Disuelto en época de avenida

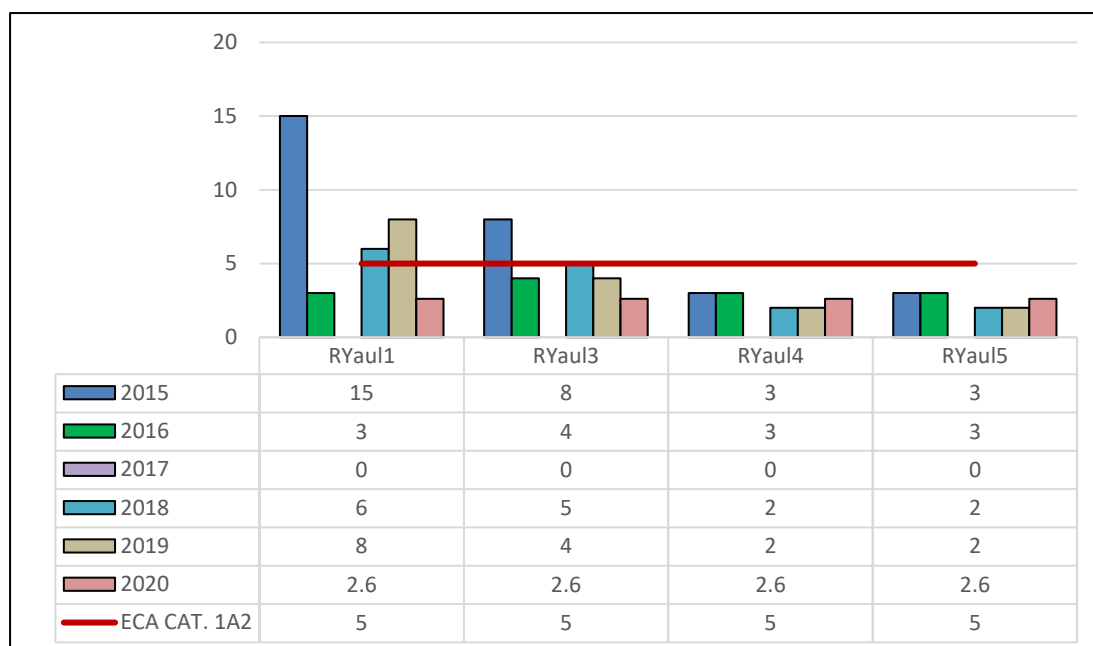


Fuente: Elaboración Propia

El Monitoreo Participativo del 2015, 2016, 2018, 2019 y 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para las categorías evaluadas.

Figura 4

Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno para Categoría 1



Fuente: Elaboración Propia

El Monitoreo Participativo del 2015 las estaciones RYaul1 y RYaul3 exceden los ECA agua para la categoría 1.

El Monitoreo Participativo del 2016 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1.

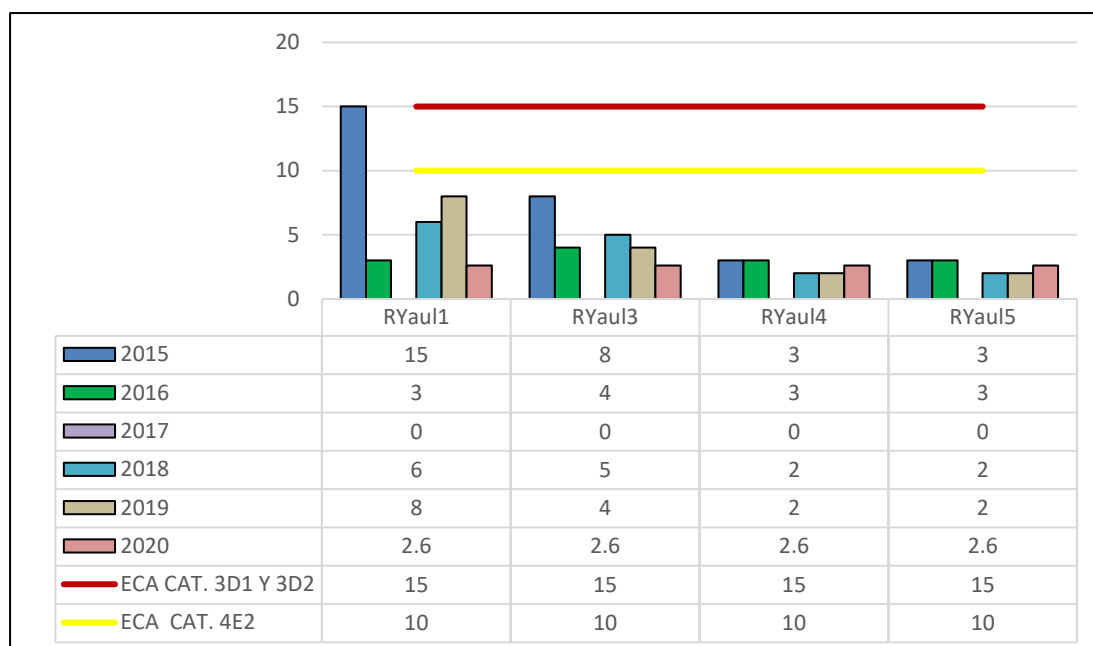
El Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul1, sobrepaso los ECA agua para la categoría 1.

El Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul1, sobrepaso los ECA agua para la categoría 1.

El monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1.

Figura 5

Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno para Categoría 3 y 4



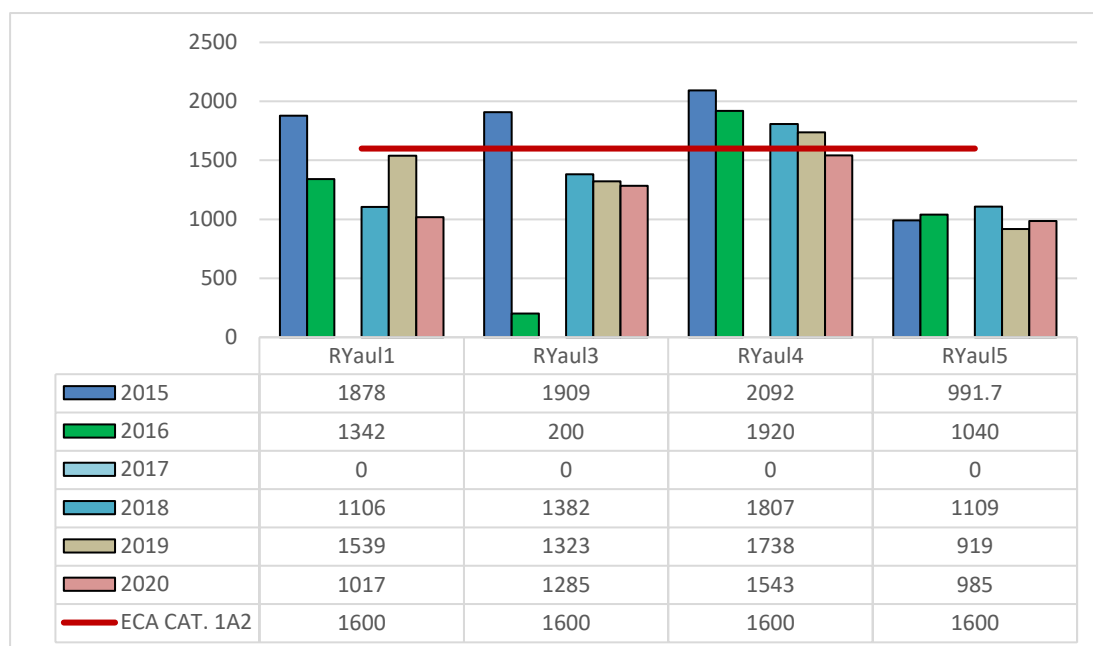
Fuente: Elaboración Propia

El monitoreo participativo del 2015 la estación RYaul1 sobrepaso el ECA agua para la categoría 4, subcategoría E2.

El monitoreo participativo del 2016, 2018, 2019 y 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para las categorías evaluadas.

Figura 6

Concentración de Conductividad en época de avenida para Categoría 1



Fuente: Elaboración Propia

El Monitoreo Participativo del 2015 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 1.

El Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul4 sobrepaso el ECA Agua para la categoría 1.

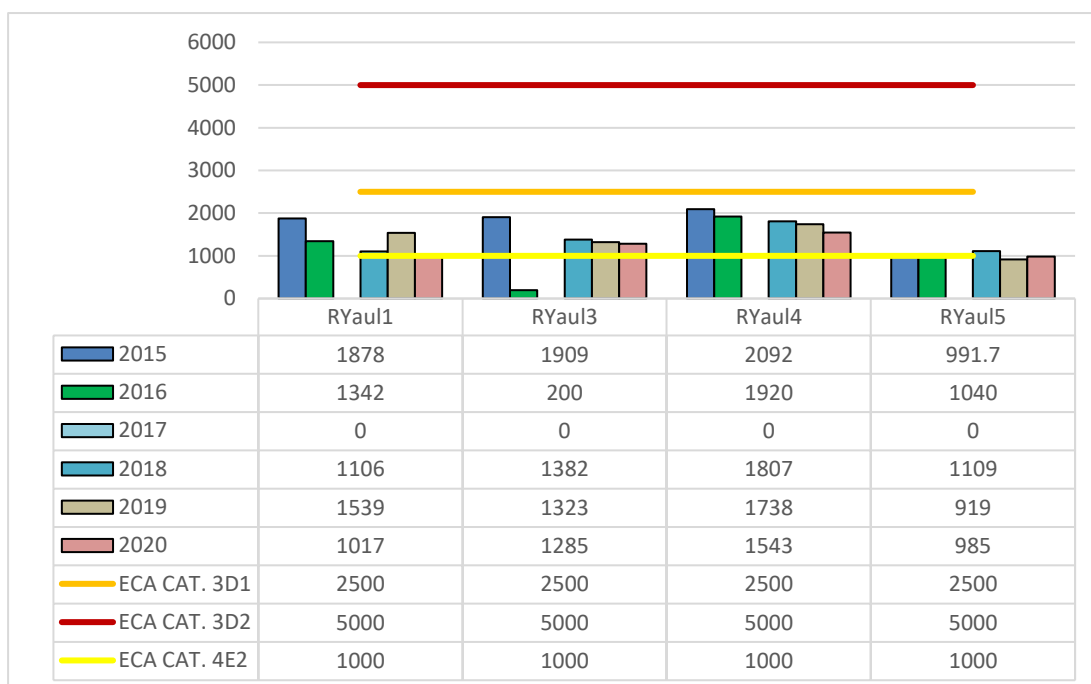
Durante el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul4 sobrepaso el ECA Agua para la categoría 1.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul4 sobrepaso el ECA Agua para la categoría 1.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1.

Figura 7

Concentración de Conductividad para Categoría 3 y 4



Fuente: Elaboración Propia

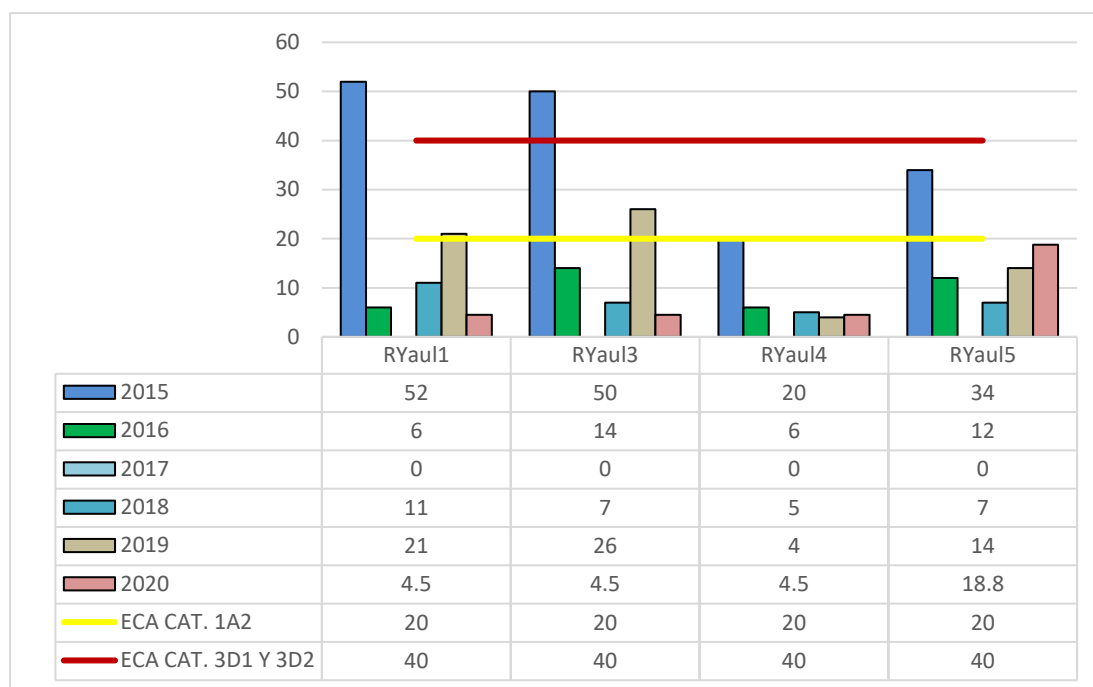
En el Monitoreo Participativo del 2015 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2016 las estaciones RYaul1, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2019 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los ECA Agua para la categoría 4, subcategoría E2.

En el monitoreo del 2020 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para la categoría 4, subcategoría E2.

Figura 8*Concentración de Demanda Química de Oxígeno***Fuente: Elaboración Propia**

En el Monitoreo Participativo del 2015 las estaciones RYaul1 y RYaul3 sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el monitoreo Participativo del 2016 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

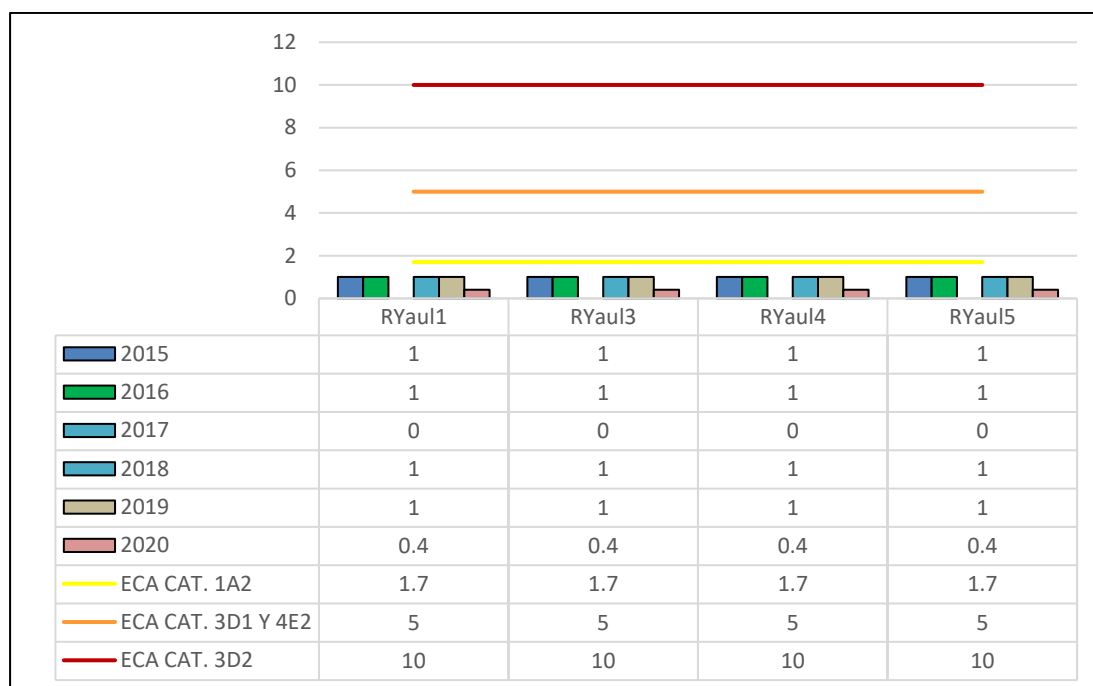
En el monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2019 las estaciones RYaul1 y RYaul3 sobrepasaron los valores del ECA Agua para la categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 9

Concentración de Aceites y Grasas en época de avenida



Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2015, 2016, 2018 y 2019 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA Agua para categoría 1, 3 y 4.

4.1.2. Época de Estiaje

A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones físico-químicos registrados en los cuatro (04) puntos de monitoreo en la temporada de estiaje (mayo – octubre).

Tabla 11

Concentraciones en época de estiaje – pH

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Poblacional y Recreacional			
RYaul1	-	9,1	8,2	8,4	-	-				
RYaul3	-	8	8,2	8,4	-	-	5,5 – 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	6,5 - 9,0
RYaul4	-	8,6	8,3	8,5	-	-				
RYaul5	-	8,2	8,34	8,4	-	-				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12*Concentraciones en época de estiaje – Oxígeno Disuelto*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Poblacional y Recreacional			
RYaul1	-	5,52	-	-	-	-				
RYaul3	-	6,1	-	-	-	-	≥5	≥4	≥5	≥5
RYaul4	-	6,7	-	-	-	-				
RYaul5	-	6,78	-	-	-	-				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13*Concentraciones en época de estiaje – Conductividad*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1)	ECA (1)	ECA (1)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020		Cat.3. D1: Riego de vegetales	Cat.3. D2: Bebida de animales	Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
RYaul1	-	1917	1670	1650	-	-	1600	2500	5000	1000
RYaul3	-	1995	1784	1746	-	-	1600	2500	5000	1000
RYaul4	-	2150	2140	1980	-	-	1600	2500	5000	1000
RYaul5	-	1116	977	980	-	-	1600	2500	5000	1000

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14*Concentraciones en época de estiaje – D.B.O.*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	3	3	20	-	-	5	15	15	10
RYaul3	-	3	4	5	-	-	5	15	15	10
RYaul4	-	3	2	2	-	-	5	15	15	10
RYaul5	-	3	2	2	-	-	5	15	15	10

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15*Concentraciones en época de estiaje – Demanda Química de Oxígeno*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	8	4	37	-	-	20	40	40	**
RYaul3	-	6	12	10	-	-	20	40	40	**
RYaul4	-	6	2	2	-	-	20	40	40	**
RYaul5	-	6	4	2	-	-	20	40	40	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16*Concentraciones en época de avenida – Aceites y Grasas*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1):	ECA (1)	ECA (1)	ECA (1)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.1. A2 Poblaciona l y Recreacion al	Cat.3. D1: Riego de vegetale s	Cat.3. D2: Bebida de animales	Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
RYaul1	-	N.D. (<1)	N.D. (<1)	N.D. (<1)	-	-	1,7	5	10	5
RYaul3	-	N.D. (<1)	N.D. (<1)	N.D. (<1)	-	-	1,7	5	10	5
RYaul4	-	N.D. (<1)	N.D. (<1)	N.D. (<1)	-	-	1,7	5	10	5
RYaul5	-	N.D. (<1)	N.D. (<1)	N.D. (<1)	-	-	1,7	5	10	5

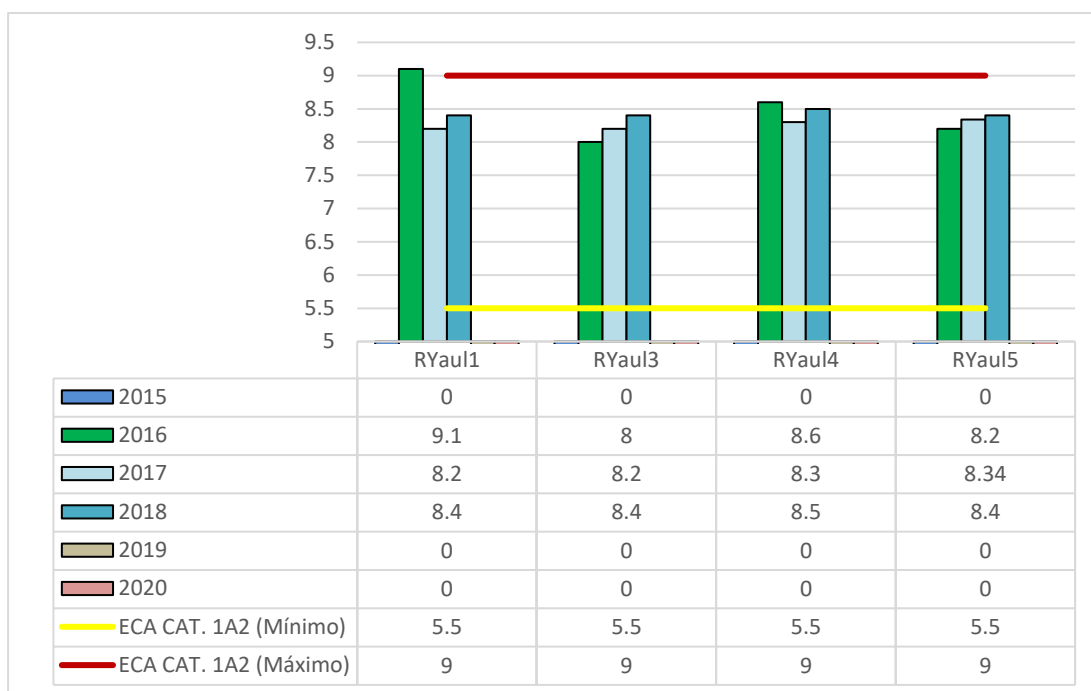
(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Sobre la base de estos resultados, se elaboraron gráficos que ilustran los cambios de concentración de los parámetros fisicoquímicos estudiados a lo largo de los años.

Figura 10

Concentración de pH en época de estiaje para categoría 1



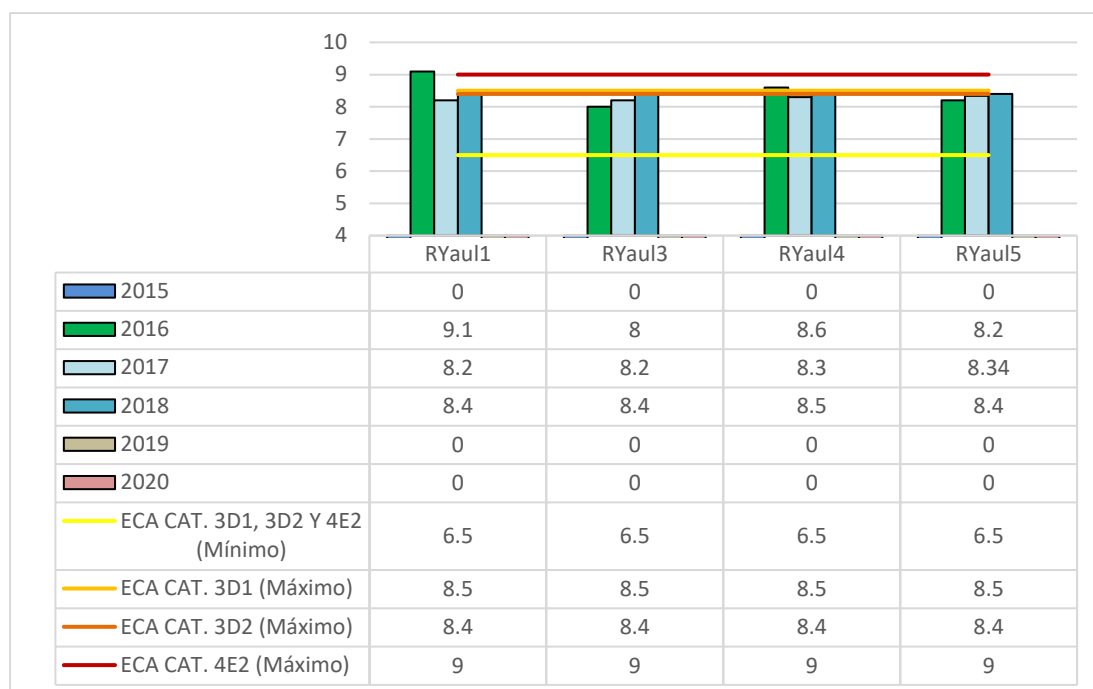
Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul1 sobrepaso los valores del ECA Agua para la categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo Participativo del 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 11

Concentración de pH en época de estiaje para categoría 3 y 4



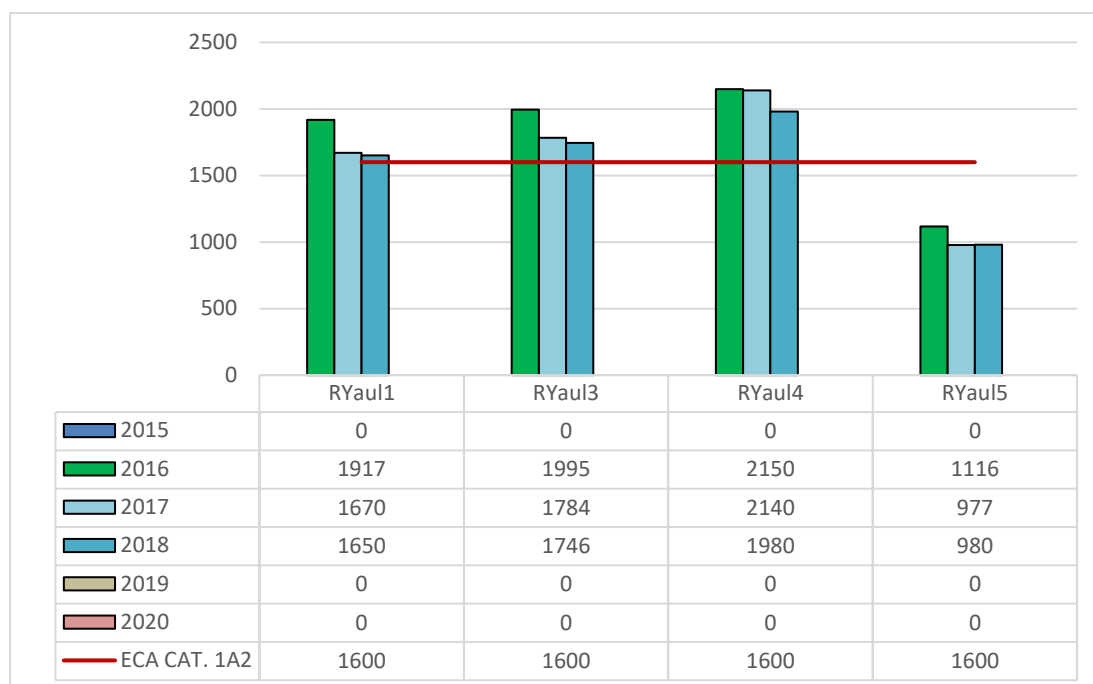
Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul1 sobrepaso los valores del ECA Agua para la categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo Participativo del 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 12

Concentración de Conductividad en época de estiaje para Categoría 1



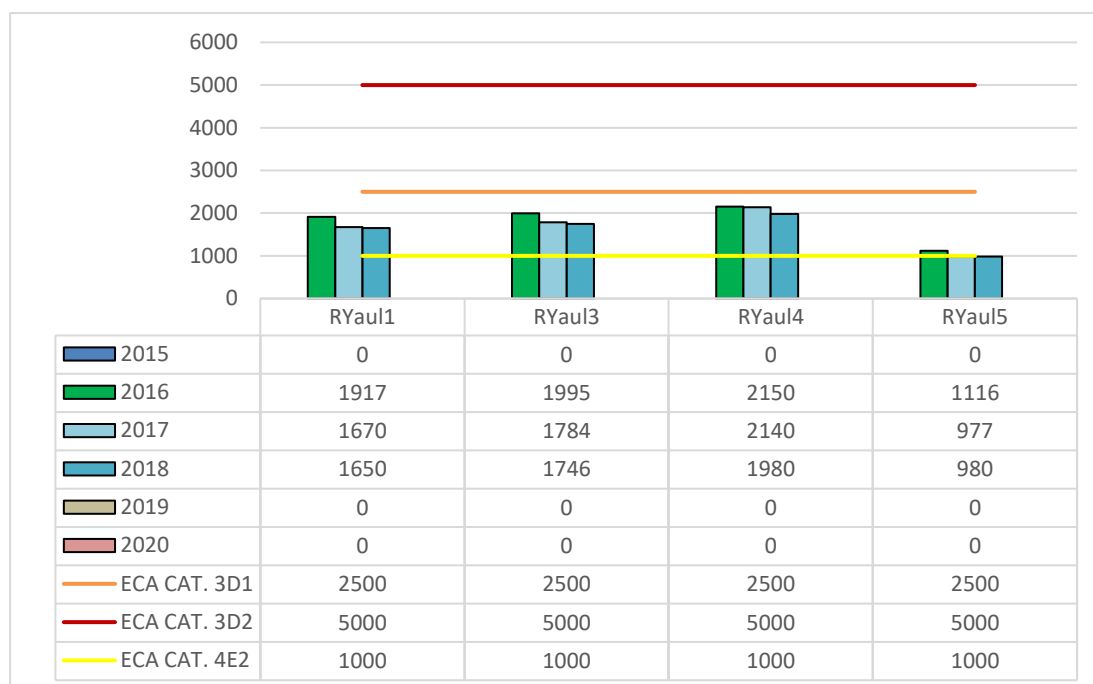
Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo participativo del 2017 y 2018 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 13

Concentración de Conductividad en época de estiaje para Categoría 3 y 4



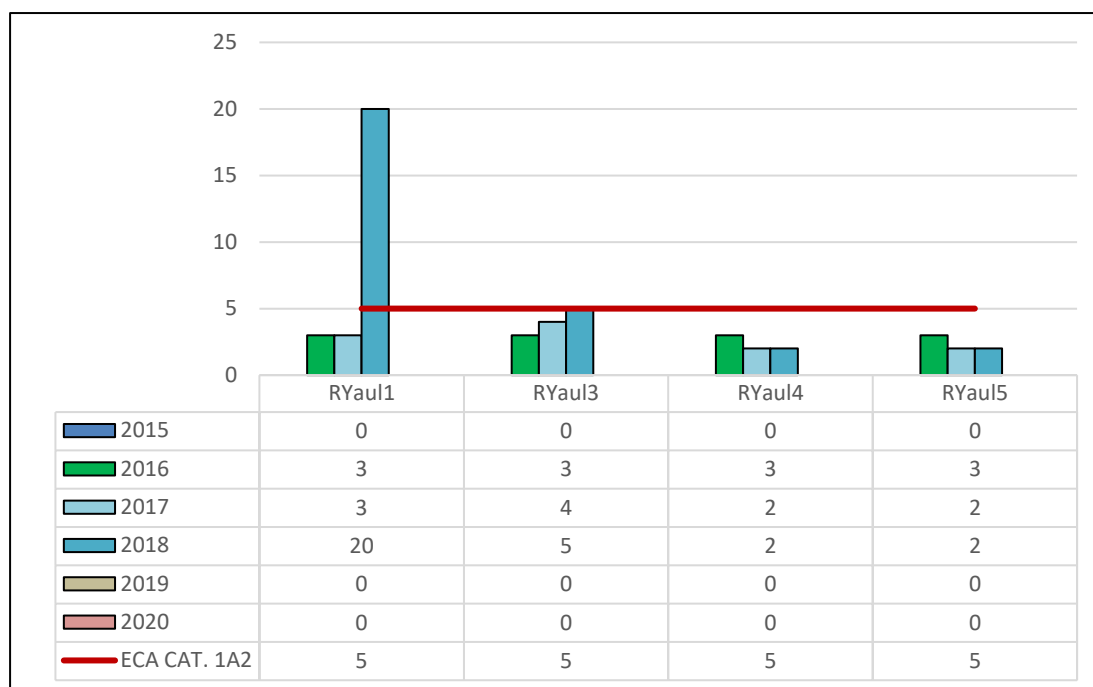
Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2016 las estaciones RYaul1, RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En el monitoreo Participativo del 2017 y 2018 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Figura 14

Concentración de D.B.O. en época de estiaje para Categoría 1



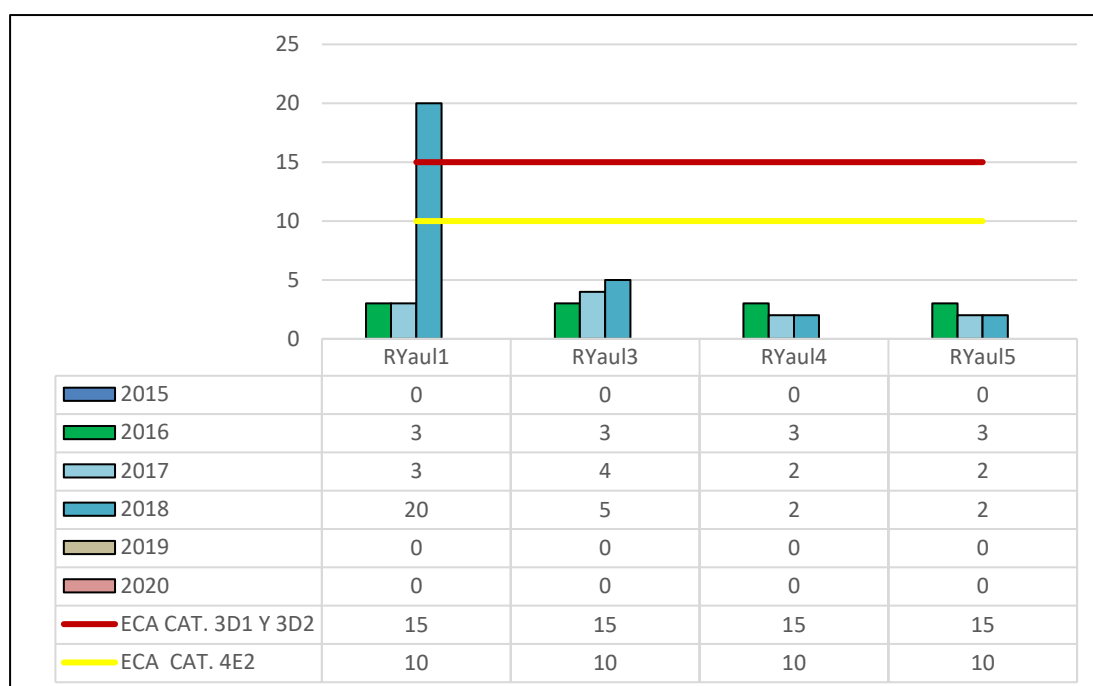
Fuente: Elaboración Propia

Durante monitoreo participativo del 2016 y 2017 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul1 sobrepaso el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 15

Concentración de D.B.O. en época de estiaje para Categoría 3 y 4



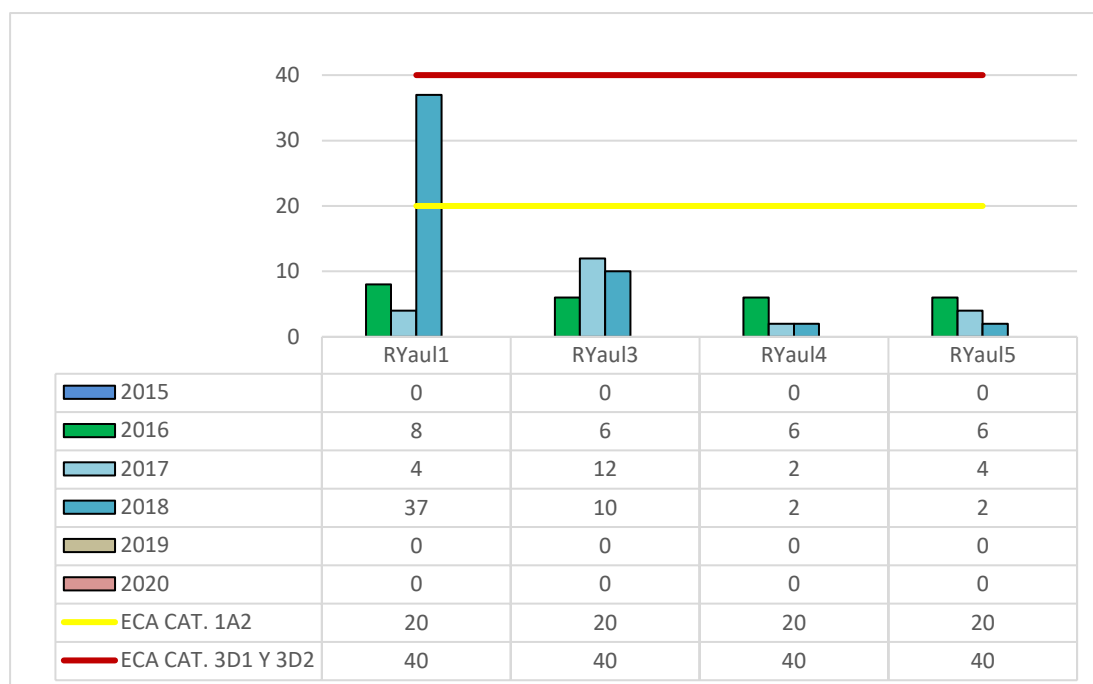
Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016 y 2017 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

En el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul1 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

Figura 16

Concentración de D.Q.O. en época de estiaje



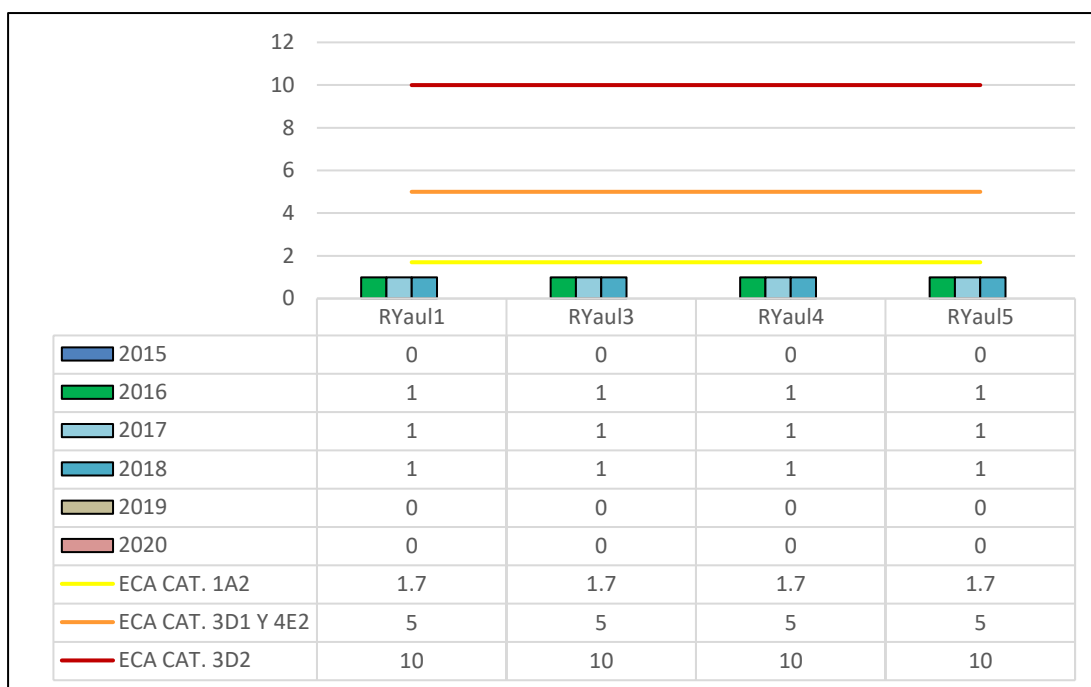
Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016 y 2017 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul1 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

Figura 17

Concentración de Aceites y Grasas en época de estiaje



Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

4.2. Parámetros Inorgánicos

Los valores de concentración se determinaron en base a los informes de Monitoreos Participativos de la Calidad del Agua Superficial en la Cuenca del río Mantaro, realizados por la AAA-Mantaro desde el año 2015 al 2019, y comparados con los valores determinados en la norma en el D.S. 004-2017-MINAM, asimismo, es importante mencionar que no se recolectaron datos de algunos parámetros en todos los años estudiados.

4.2.1. Época de Avenida

Se presenta los resultados del monitoreo de calidad del agua de cuatro (04) puntos ubicados a lo largo del río Yauli, donde se calcularon los valores promedios de los parámetros inorgánicos, en temporada de lluvia (noviembre a abril).

Tabla 17

Concentración en época de avenida – Arsénico

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	0,03	0,016	-	0,00831	0,0203	0,01772				
RYaul3	0,007	0,009	-	0,00596	0,05962	0,01432	0,01	0,1	0,2	0,15
RYaul4	0,007	0,007	-	0,00742	0,00709	0,01484				
RYaul5	0,007	0,075	-	0,07605	0,1199	0,01905				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18*Concentración en época de avenida – Manganeso*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	26	0,388	-	1,605	1,476	13,175				
RYaul3	21,7	33	-	11,05	9,264	8,939	0,4	0,2	0,2	**
RYaul4	9,274	19	-	5,88	3,579	6,159				
RYaul5	1,557	5,446	-	5,473	6,159	2,820				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19*Concentración en época de avenida – Mercurio*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	0,0001	0,0001	-	0,00003	0,00003	0,00009	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul3	0,0001	0,0001	-	0,00003	0,00051	0,00009	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul4	0,0001	0,0001	-	0,00003	0,00003	0,00009	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul5	0,0001	0,0001	-	0,00076	0,00124	0,00009	0,002	0,001	0,01	0,0001

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20*Concentración en época de avenida – Plomo*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	0,002	0,001	-	0,0059	0,1144	0,1131	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul3	0,002	0,007	-	0,0123	0,3764	0,042	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul4	0,002	0,004	-	0,0081	0,0110	0,0595	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul5	0,001	0,0043	-	0,0835	0,1502	0,0289	0,05	0,05	0,05	0,0025

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21*Concentración en época de avenida –Aluminio*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	0,089	0,061	-	0,196	1,054	2,427	5	5	5	**
RYaul3	0,11	0,086	-	0,15	2,911	2,36	5	5	5	**
RYaul4	0,105	0,106	-	0,14	0,15	2,015	5	5	5	**
RYaul5	0,101	11,77	-	9,495	16,81	1,378	5	5	5	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22*Concentración en época de avenida – Bario*

Estación	Fecha de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1) (1)		
							ECA (1):	D1:	Cat.3.	Cat.4
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	0,033	0,042	-	0,046	0,0631	0,1015	1	0,7	**	0,7
RYaul3	0,039	0,042	-	0,0488	0,1358	0,0837	1	0,7	**	0,7
RYaul4	0,022	0,031	-	0,0294	0,0417	0,0796	1	0,7	**	0,7
RYaul5	0,046	0,568	-	0,5093	0,7374	0,0658	1	0,7	**	0,7

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23*Concentración en época de avenida – Cobre*

Estación	Fecha de monitoreo						ECA (1)	ECA (1)	ECA (1)	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	D1:	Cat.3.	Cat.4
							ECA (1):	Riego de	D2:	E2:
							Cat.1. A2	vegetales	Bebida	Ríos
							Poblacional y	de	de	costa
							Recreacional	animales	y	sierra
RYaul1	0,014	0,002	-	0,02772	0,02527	0,07221	2	0,2	0,5	0,1
RYaul3	0,01	0,011	-	0,01819	0,06910	0,06133	2	0,2	0,5	0,1
RYaul4	0,647	0,027	-	0,05397	0,03196	0,06256	2	0,2	0,5	0,1
RYaul5	0,026	0,078	-	0,06401	0,08431	0,03496	2	0,2	0,5	0,1

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24*Concentración en época de avenida – Hierro*

Estación	Fecha de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1) (1)		
							ECA (1):	D1:	Cat.3.	Cat.4
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	0,768	0,172	-	1,183	3,1980	6,214	1	5	**	**
RYaul3	0,583	0,362	-	0,6497	8,2400	5,2027	1	5	**	**
RYaul4	0,874	0,524	-	0,7502	0,6295	3,9197	1	5	**	**
RYaul5	0,212	59,72	-	42,14	40,2	2,6208	1	5	**	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25*Concentración en época de avenida – Zinc*

Estación	Fecha de monitoreo						ECA (1)	ECA (1)	ECA (1)	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ECA (1): Cat.1. A2	D1: Riego de vegetales	Cat.3. D2: Bebida de animales y sierra	Cat.4 E2: Ríos costa
RYaul1	0,304	0,117	-	0,7296	0,611	1,3427	5	2	24	0,12
RYaul3	0,372	0,415	-	0,5632	1,0360	0,943	5	2	24	0,12
RYaul4	0,359	0,329	-	0,4451	0,3111	0,6875	5	2	24	0,12
RYaul5	0,059	0,363	-	0,3724	0,3768	0,3202	5	2	24	0,12

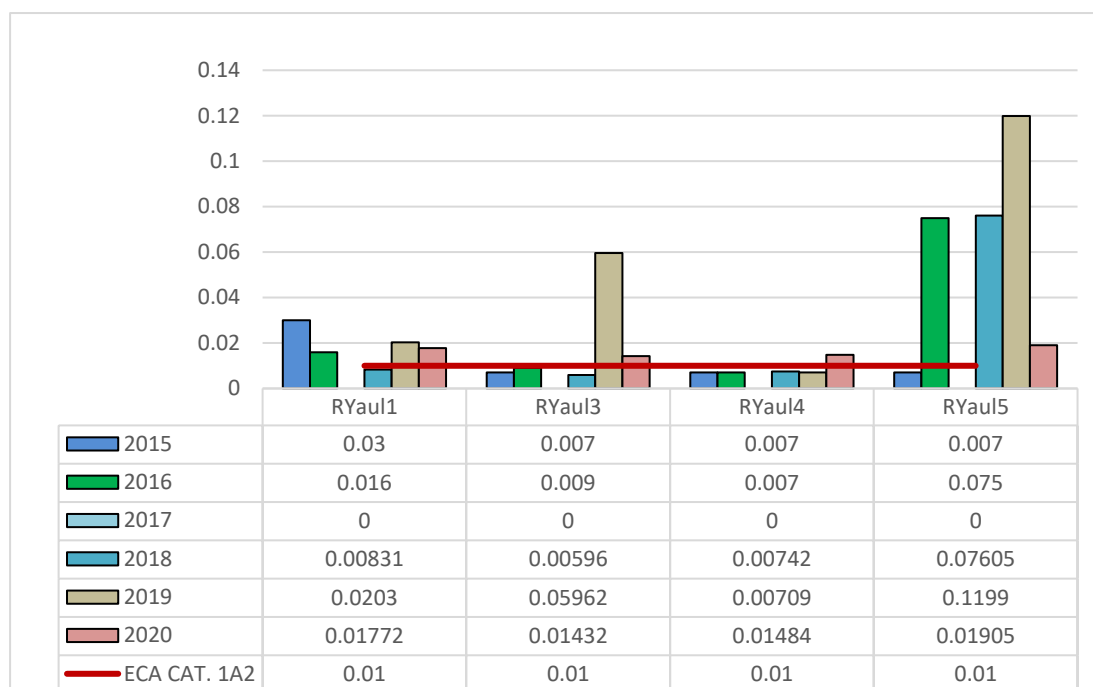
(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Con base en estos resultados, se describieron en detalle los cambios en las concentraciones de los parámetros físico-químicos estudiados a lo largo de los años.

Figura 18

Concentración de Arsénico en época de avenida para categoría 1



Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2015 la estación RYaul1 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2016 las estaciones RYaul1 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

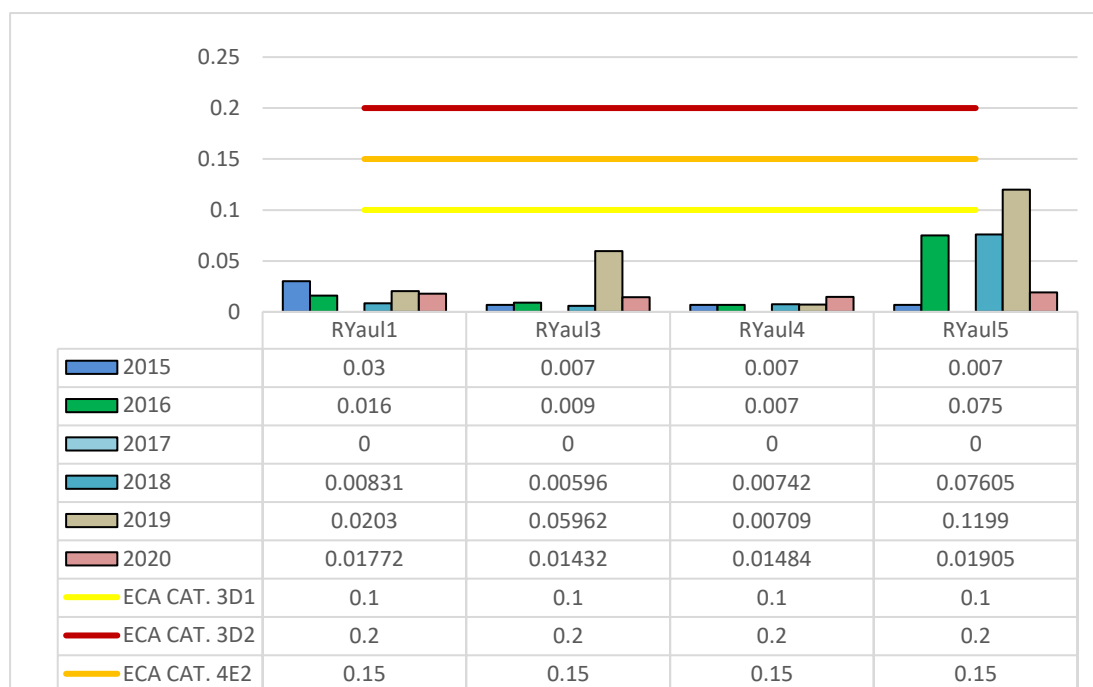
Durante el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul5 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo del 2020 las estaciones RYaul1, RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 19

Concentración de Arsénico en época de avenida para categoría 3 y 4



Fuente: Elaboración Propia

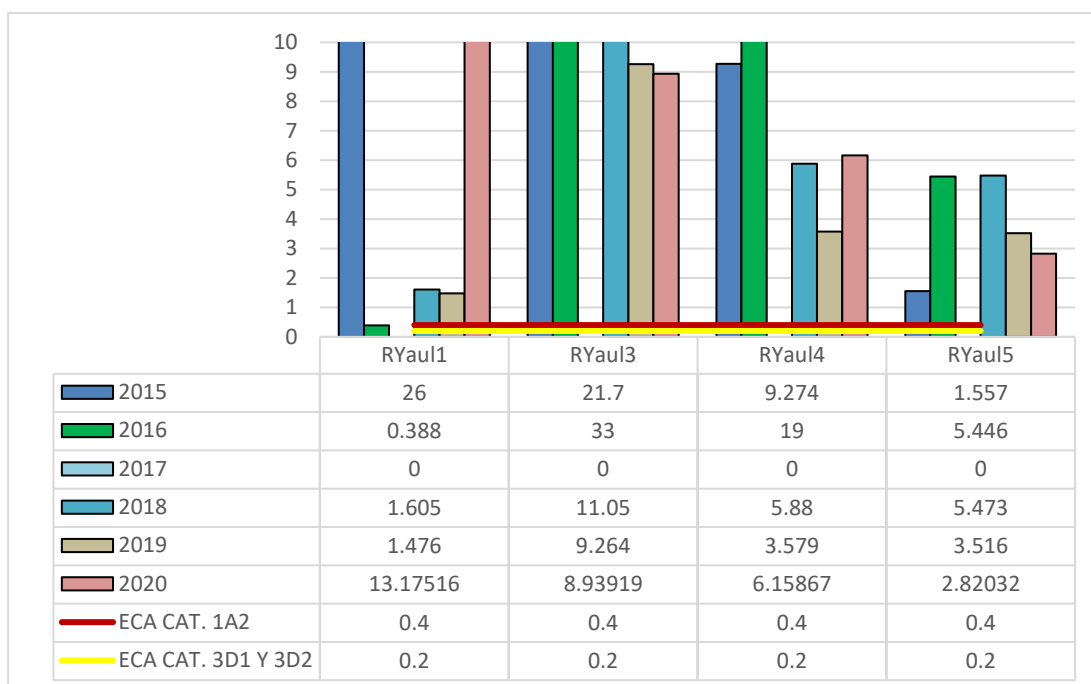
En el Monitoreo Participativo del 2015, 2016 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2, subcategoría E2, respectivamente.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2, subcategoría E2, respectivamente.

Figura 20

Concentración de Manganeso en época de avenida para categoría 1 y 3

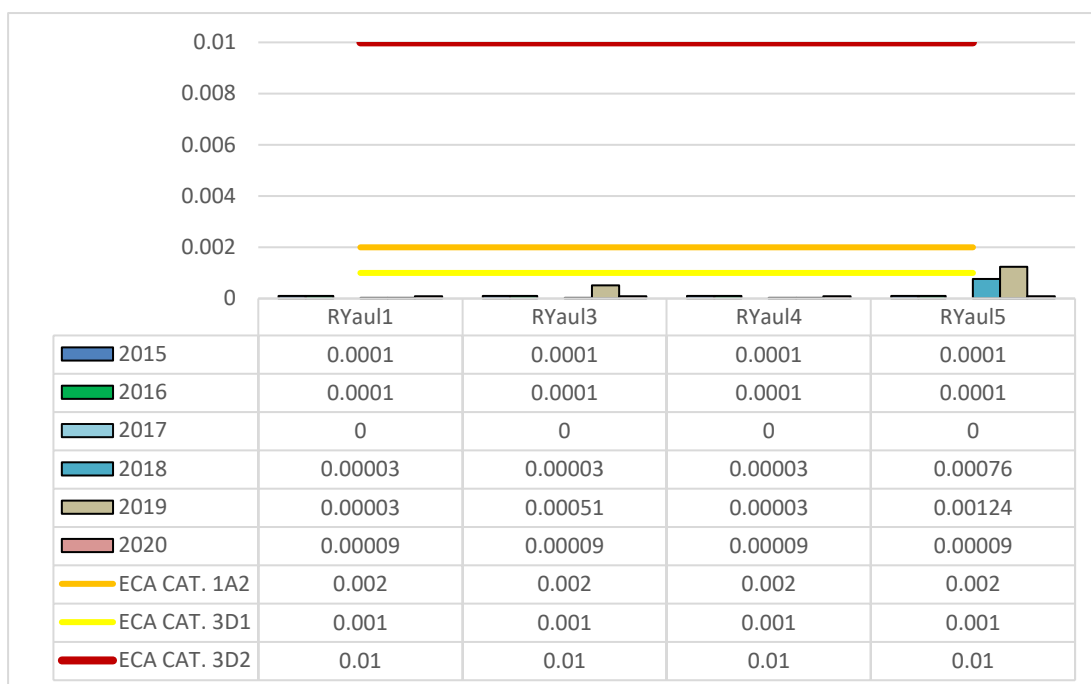


Fuente: Elaboración Propia

En los monitoreos realizados del 2015 al 2020, todas las estaciones superaron el valor del ECA agua para las categorías 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 21

Concentración de Mercurio en época de avenida para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

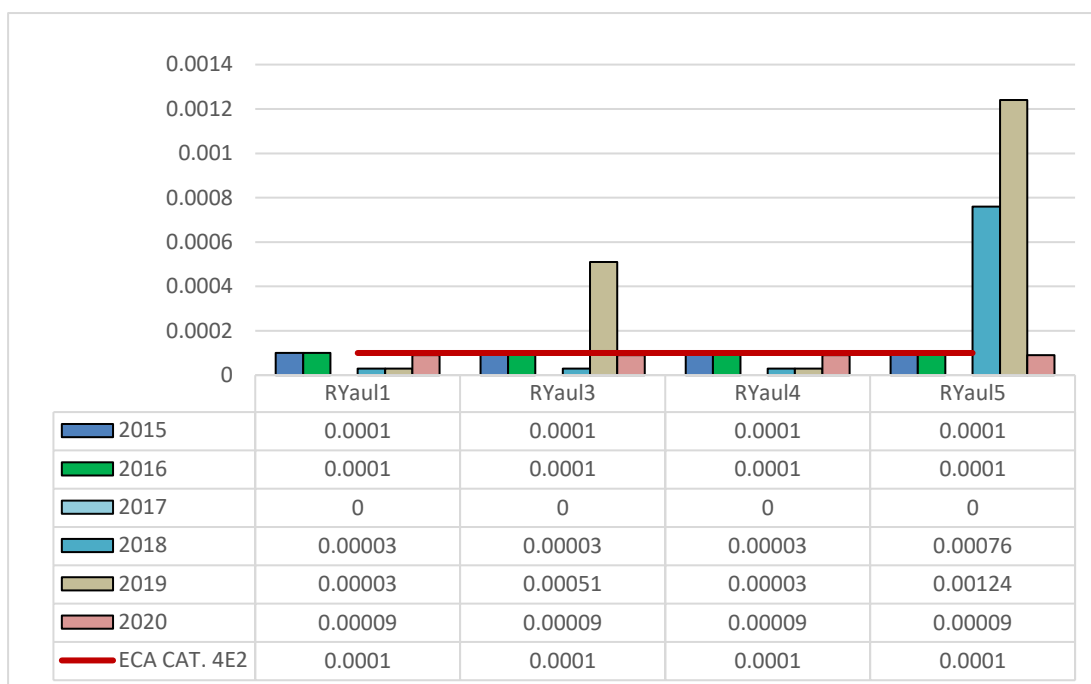
En el Monitoreo Participativo del 2015, 2016 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 22

Concentración de Mercurio en época de avenida para categoría 4



Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2015 y 2016 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

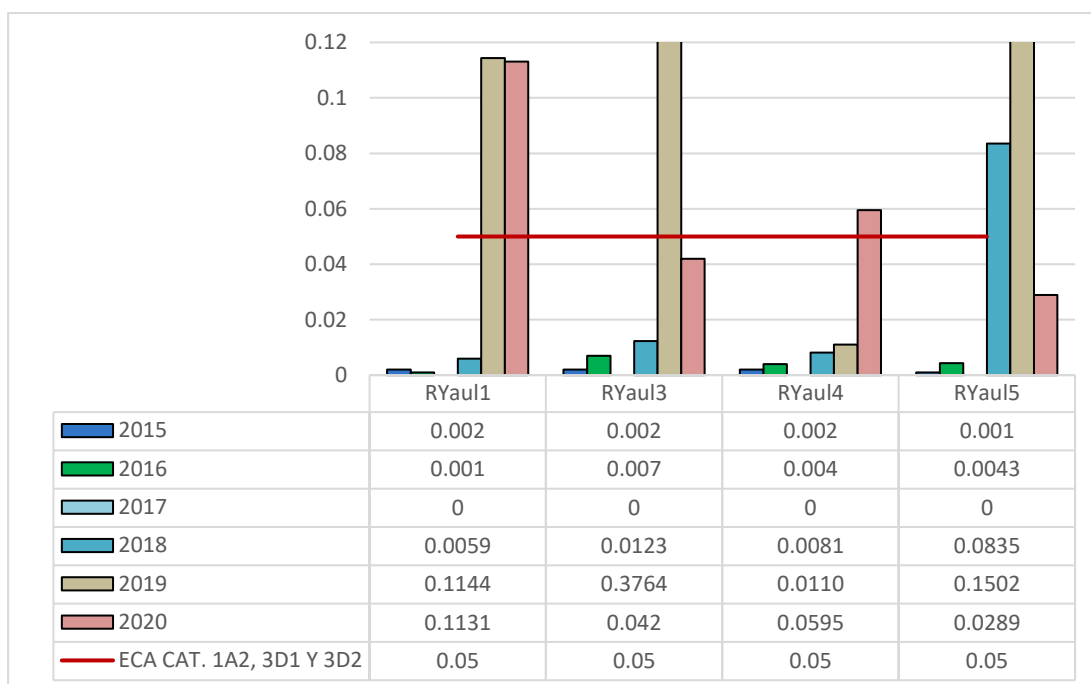
Durante el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 las estaciones RYaul3 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 23

Concentración de Plomo en época de avenida para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2015 y 2016 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

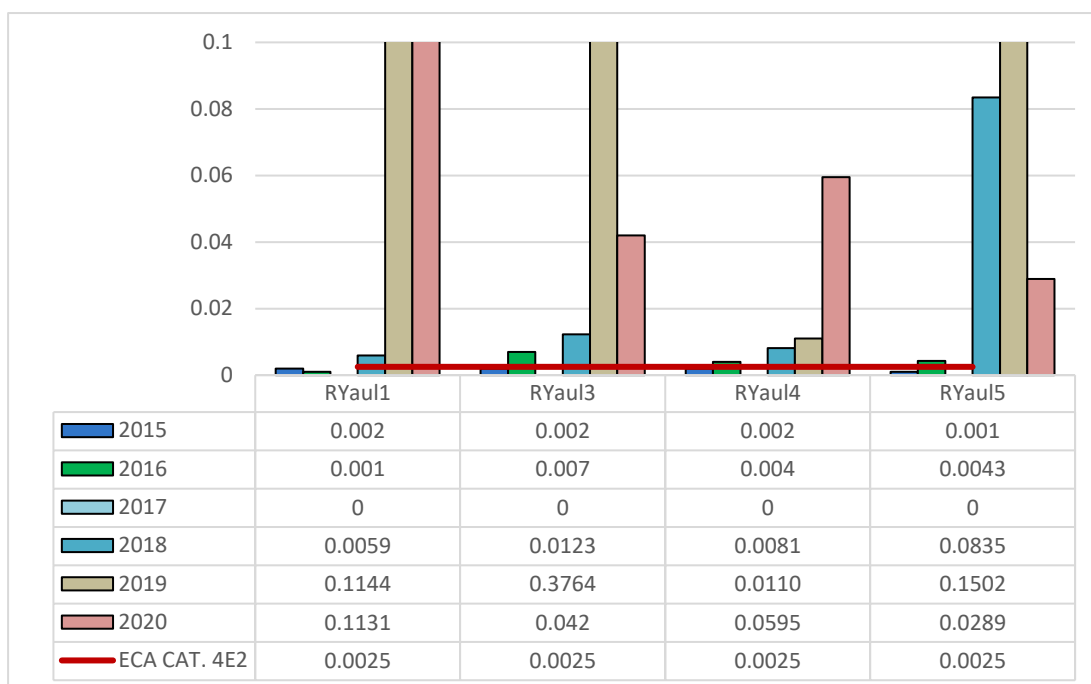
En el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2019 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul5 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el monitoreo del 2020 las estaciones RYaul1 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 24

Concentración de Plomo en época de avenida para categoría 4

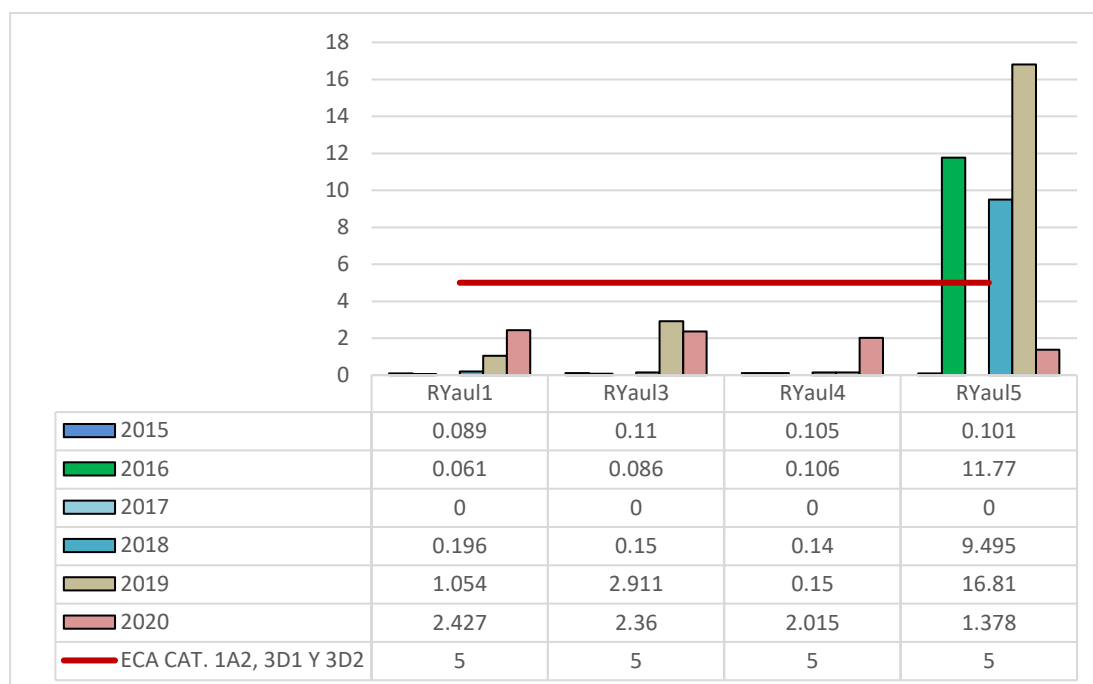


Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2015 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 4, subcategoría A2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2016 las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría A2.

Durante los Monitoreos Participativos del 2018, 2019 y 2020 todas las estaciones superaron los valores del ECA agua para las categorías 4, subcategoría A2.

Figura 25*Concentración de Aluminio en época de avenida***Fuente: Elaboración Propia**

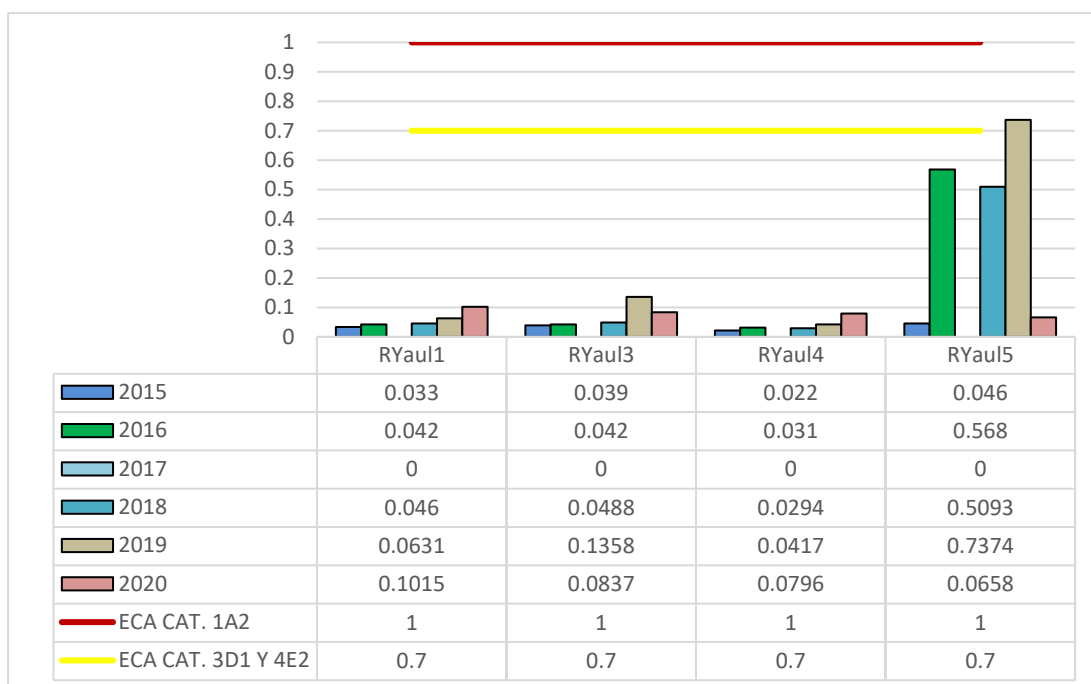
En el Monitoreo Participativo del 2015 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul5 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul5 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul5 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 26*Concentración de Bario en época de avenida***Fuente: Elaboración Propia**

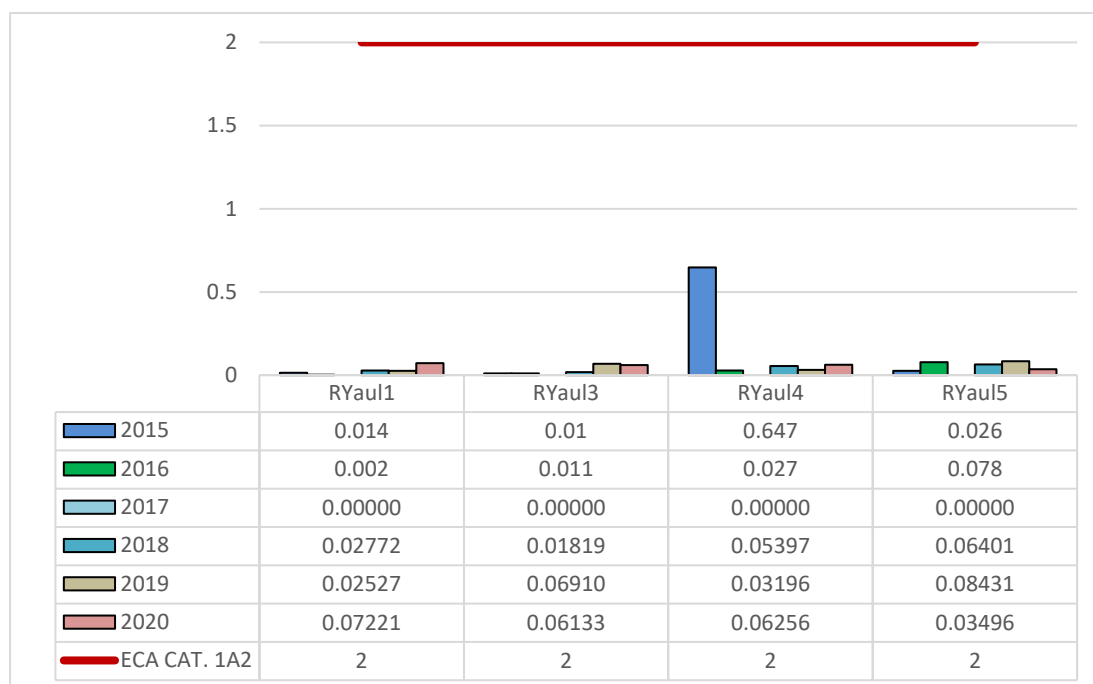
En los Monitoreos Participativos del 2015, 2016 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1 y categoría 4, subcategoría E2.

En el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Figura 27

Concentración de Cobre en época de avenida para categoría 1

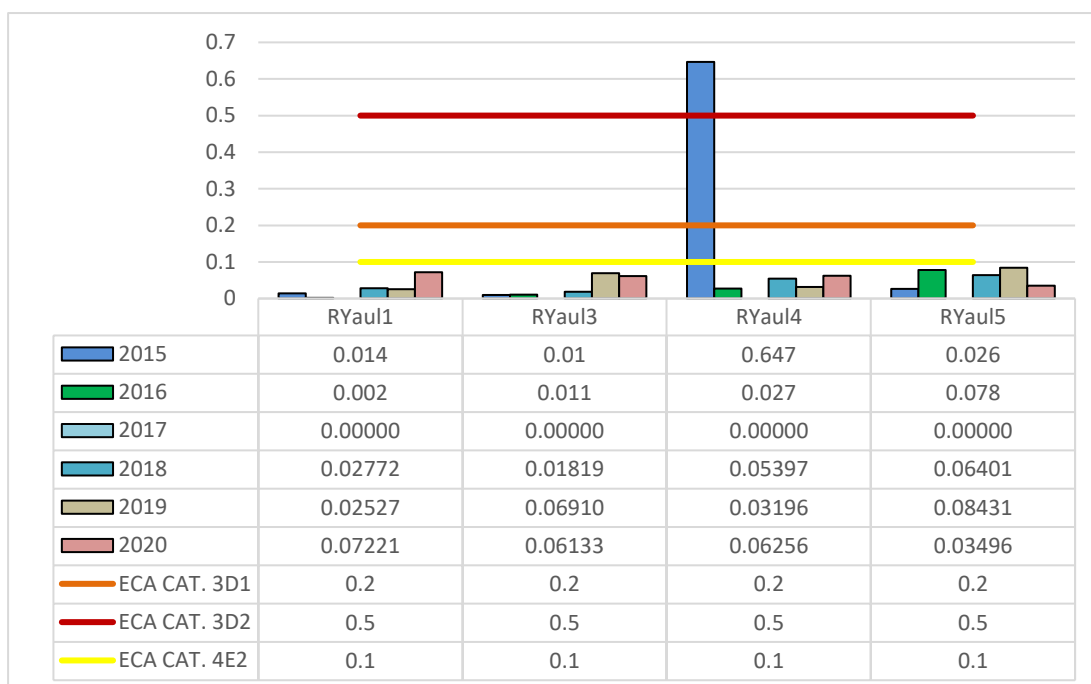


Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 al 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 28

Concentración de Cobre en época de avenida para categoría 3 y 4



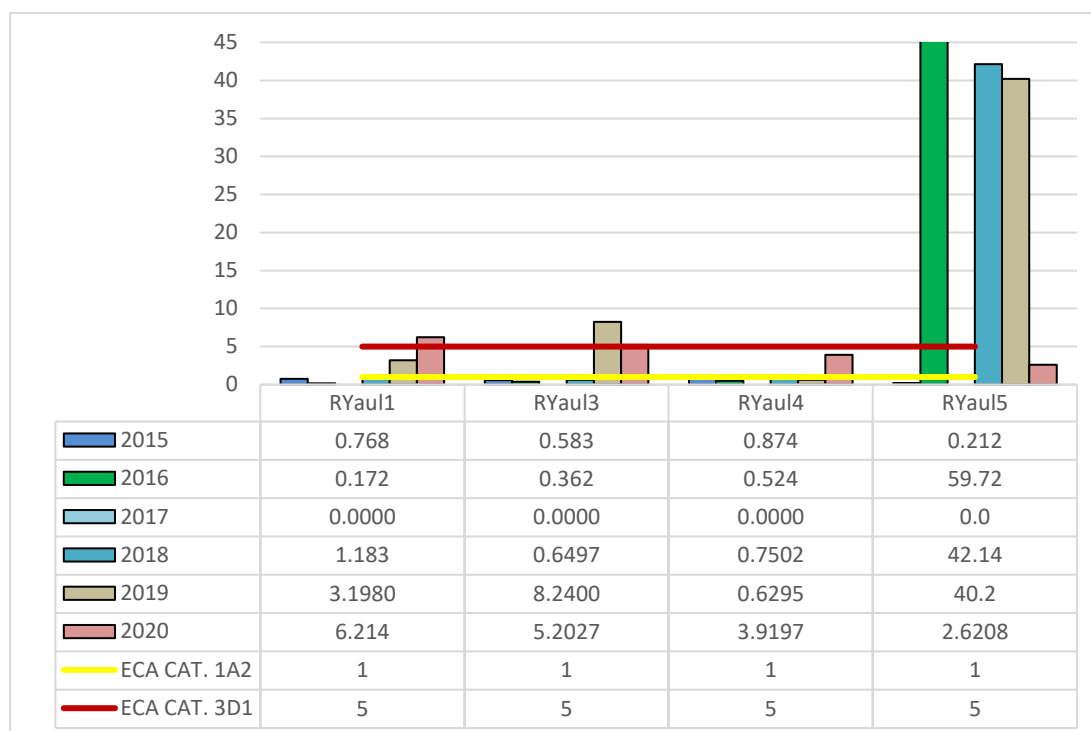
Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 la estación RYaul4 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1 y D2 y categoría 4, subcategoría E2.

En los Monitoreos Participativos del 2016, 2018, 2019 y 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

Figura 29

Concentración de Hierro en época de avenida para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

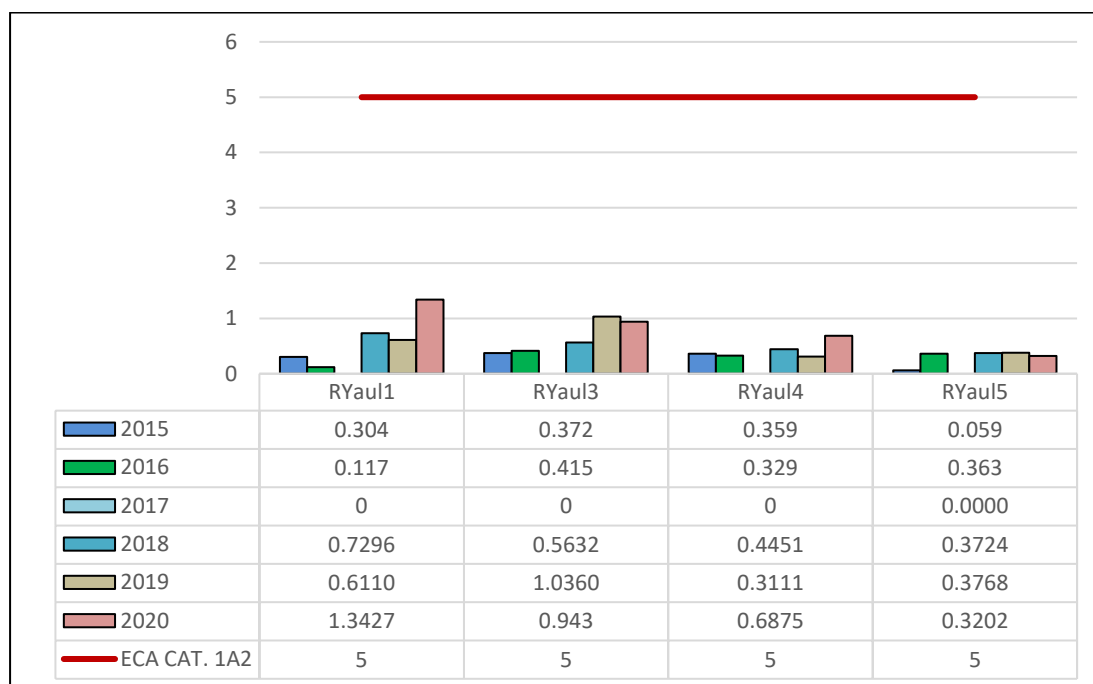
En el Monitoreo Participativo del 2018 la estación RYaul1 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, mientras que la estación RYaul5, sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

En el Monitoreo Participativo del 2019 la estación RYaul1 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2, mientras que las estaciones RYaul3 y RYaul5, sobrepasaron el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

En el Monitoreo del 2020 la estación RYaul1 y RYaul3 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1, mientras que las estaciones RYaul4 y RYaul5, sobrepasaron el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 30

Concentración de Zinc en época de avenida para categoría 1

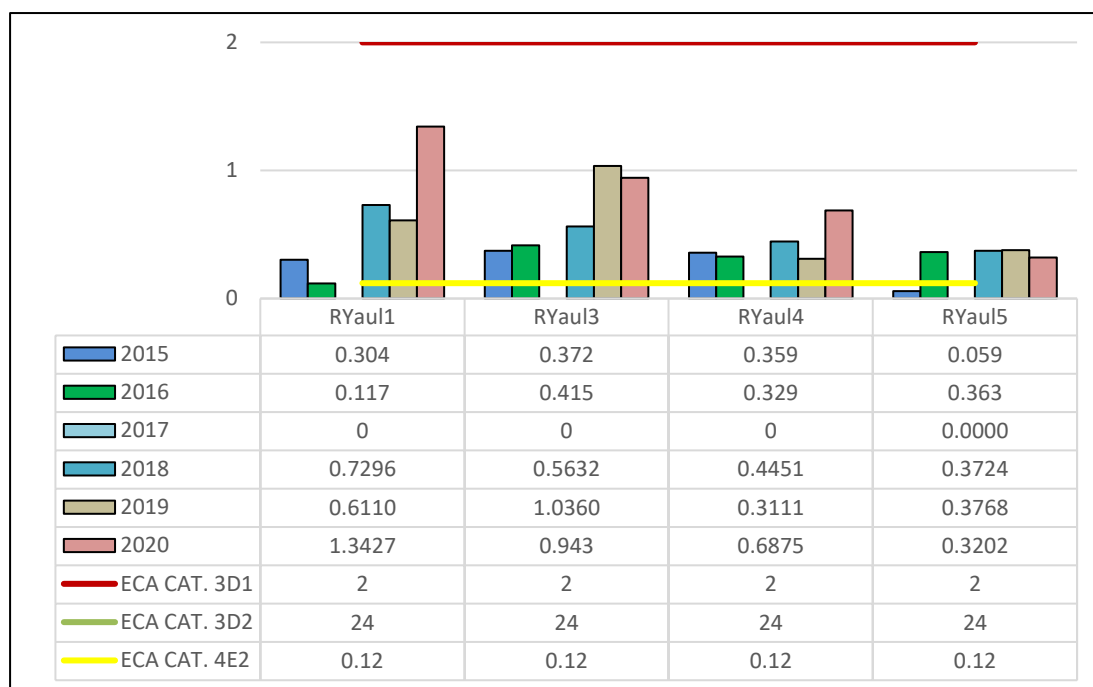


Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 al 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 31

Concentración de Zinc en época de avenida para categoría 3 y 4



Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2016 las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En el Monitoreo Participativo del 2019 todas las estaciones sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En el monitoreo del 2020 todas las estaciones sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

4.2.2. *Época de Estiaje***Tabla 26***Concentración en época de estiaje – Arsénico*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	0,007	0,0199	0,0148	-	-				
RYaul3	-	0,04	0,00953	0,00753	-	-	0,01	0,1	0,2	0,15
RYaul4	-	0,012	0,000673	0,00612	-	-				
RYaul5	-	0,043	0,00424	0,01497	-	-				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27*Concentración en época de estiaje – Manganeso*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	0,238	0,5506	1,737	-	-				
RYaul3	-	18,880	15,54	18,35	-	-	0,4	0,2	0,2	**
RYaul4	-	8,244	8,754	7,03	-	-				
RYaul5	-	3,194	2,935	3,853	-	-				

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28*Concentración en época de estiaje – Mercurio*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	0,002	0,0012	0,0012	-	-	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul3	-	0,006	0,0039	0,0057	-	-	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul4	-	0,004	0,0031	0,0018	-	-	0,002	0,001	0,01	0,0001
RYaul5	-	0,032	0,0029	0,0071	-	-	0,002	0,001	0,01	0,0001

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29*Concentración en época de estiaje – Plomo*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	0,017	0,0112	0,0161	-	-	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul3	-	0,0964	0,0259	0,0166	-	-	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul4	-	0,04	0,0109	0,0066	-	-	0,05	0,05	0,05	0,0025
RYaul5	-	0,002	0,0087	0,0115	-	-	0,05	0,05	0,05	0,0025

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30*Concentración en época de estiaje –Aluminio*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	0,129	0,098	0,108	-	-	5	5	5	**
RYaul3	-	0,378	0,128	0,1	-	-	5	5	5	**
RYaul4	-	0,168	0,092	0,065	-	-	5	5	5	**
RYaul5	-	6,609	0,377	2,558	-	-	5	5	5	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31*Concentración en época de estiaje – Bario*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1)		
							ECA (1):	Cat.3.	Cat.4	
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	-	0,04	0,0423	0,0419	-	-	1	0,7	**	0,7
RYaul3	-	0,061	0,0508	0,0466	-	-	1	0,7	**	0,7
RYaul4	-	0,03	0,032	0,0293	-	-	1	0,7	**	0,7
RYaul5	-	0,654	0,0862	0,1247	-	-	1	0,7	**	0,7

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32*Concentración en época de estiaje – Cobre*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1)		
							ECA (1):	Cat.3.	Cat.4	
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	-	0,007	0,02501	0,01644	-	-	2	0,2	0,5	0,1
RYaul3	-	0,029	0,01231	0,00724	-	-	2	0,2	0,5	0,1
RYaul4	-	0,056	0,05936	0,06489	-	-	2	0,2	0,5	0,1
RYaul5	-	0,047	0,01188	0,03058	-	-	2	0,2	0,5	0,1

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33*Concentración en época de estiaje – Hierro*

Estación	Año de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1) (1)		
							ECA (1):	D1:	Cat.3.	Cat.4
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	-	0,378	0,5152	0,7668	-	-	1	5	**	**
RYaul3	-	2,736	0,6982	0,4417	-	-	1	5	**	**
RYaul4	-	1,542	0,6736	0,5071	-	-	1	5	**	**
RYaul5	-	32,55	1,4	5,167	-	-	1	5	**	**

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34*Concentración en época de estiaje – Zinc*

Estación	Fecha de monitoreo						ECA (1)	ECA		
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Cat.3.	ECA (1) (1)		
							ECA (1):	D1:	Cat.3.	Cat.4
							Cat.1. A2	Riego de	D2:	E2:
							Poblacional y	vegetales	Bebida	Ríos
							Recreacional		de	costa
									animales	y
										sierra
RYaul1	-	0,052	0,2482	0,61	-	-	5	2	24	0,12
RYaul3	-	0,777	0,3538	1,036	-	-	5	2	24	0,12
RYaul4	-	0,594	0,2884	0,3111	-	-	5	2	24	0,12
RYaul5	-	0,269	0,0875	0,3768	-	-	5	2	24	0,12

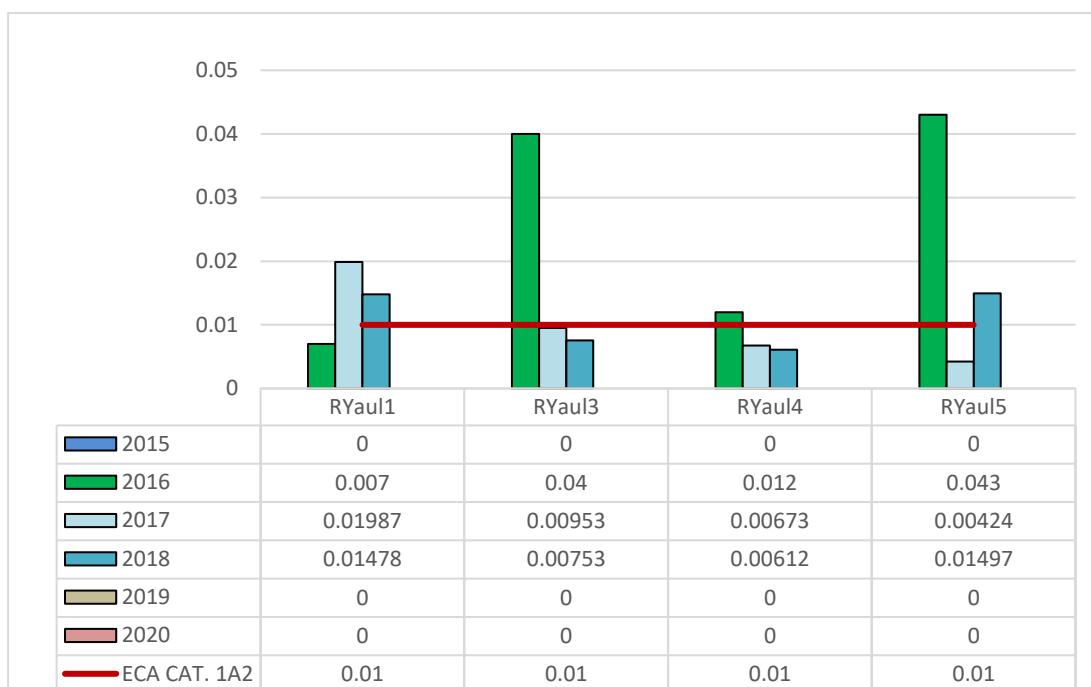
(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Con base en estos resultados, se describieron en detalle los cambios en las concentraciones de los parámetros físico-químicos estudiados a lo largo de los años.

Figura 32

Concentración de Arsénico en época de estiaje para categoría 1



Fuente: Elaboración Propia

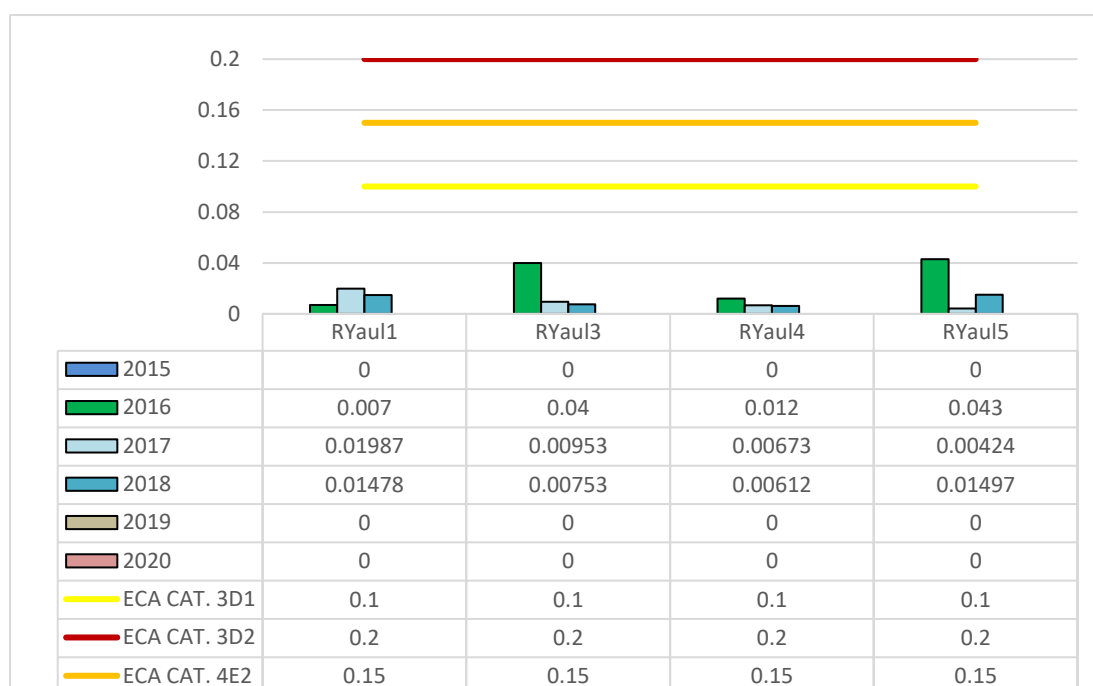
En el monitoreo participativo del 2016 las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2017 la estación RYaul1 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2018 las estaciones RYaul1 y RYaul5 sobrepasaron el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 33

Concentración de Arsénico en época de estiaje para categoría 3 y 4

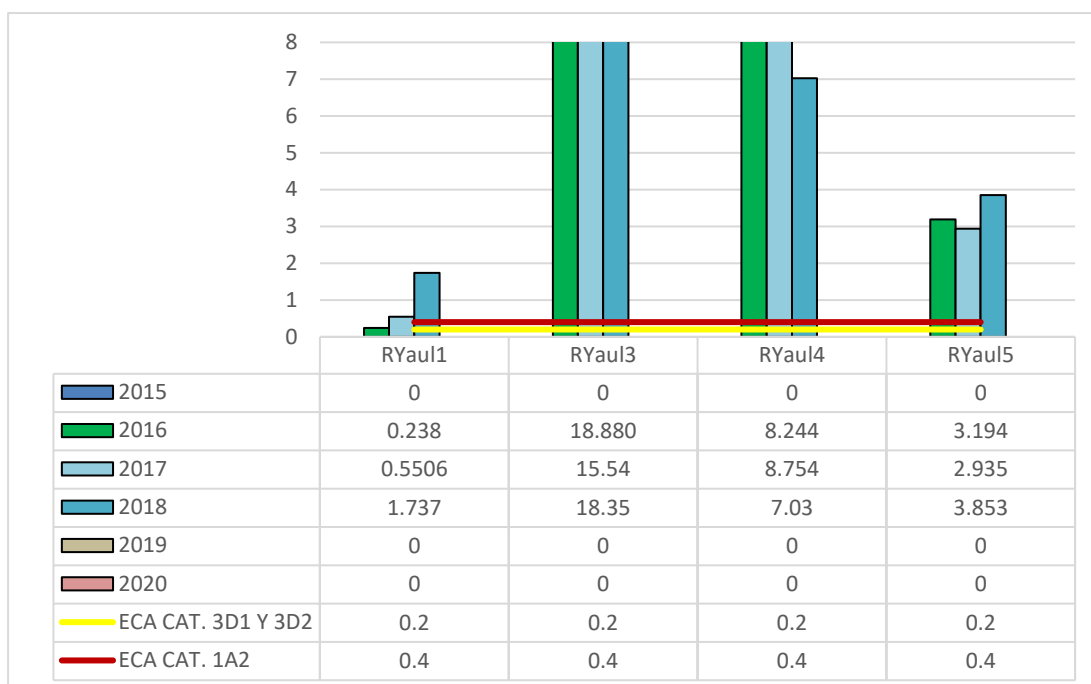


Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016 al 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

Figura 34

Concentración de Manganeso en época de estiaje para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

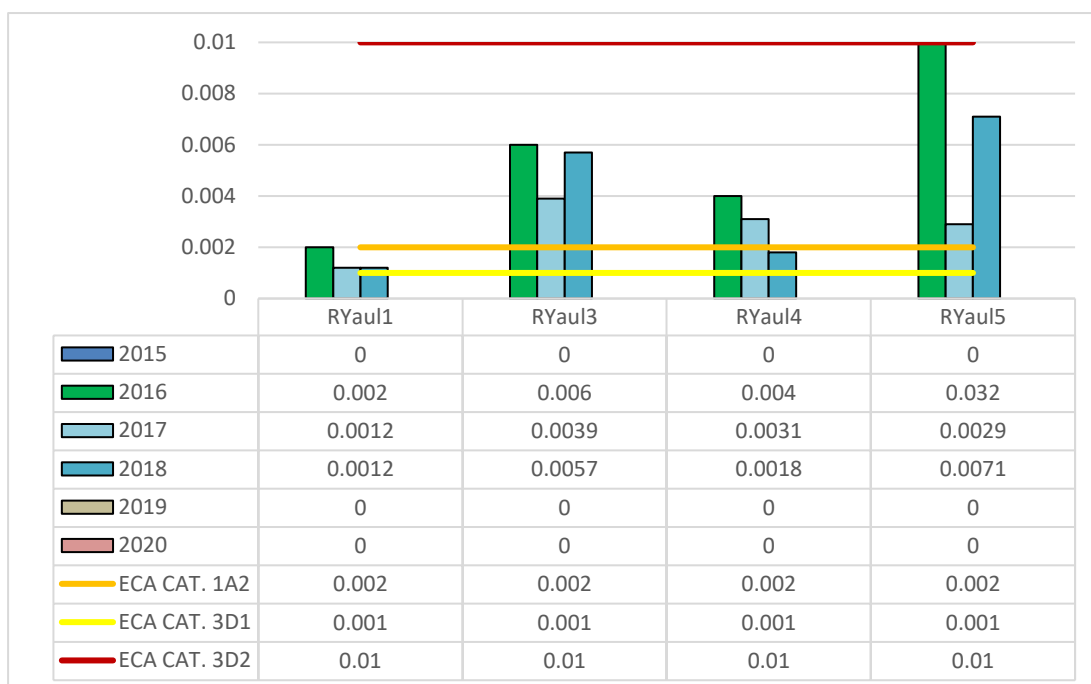
En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul1 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1 y D2, mientras que las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5, sobrepasaron el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1 y D2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2017 todas las estaciones sobrepasan el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1 y D2.

Durante el Monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones sobrepasan el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1 y D2.

Figura 35

Concentración de Mercurio en época de estiaje para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

En el Monitoreo Participativo del 2016 la estación RYaul1, sobrepasa el ECA agua para la categoría 3, subcategoría D1, mientras que las estaciones RYaul3 y RYaul4 sobrepasan el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1. Finalmente, la estación RYaul5 sobrepasa el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1 y D2.

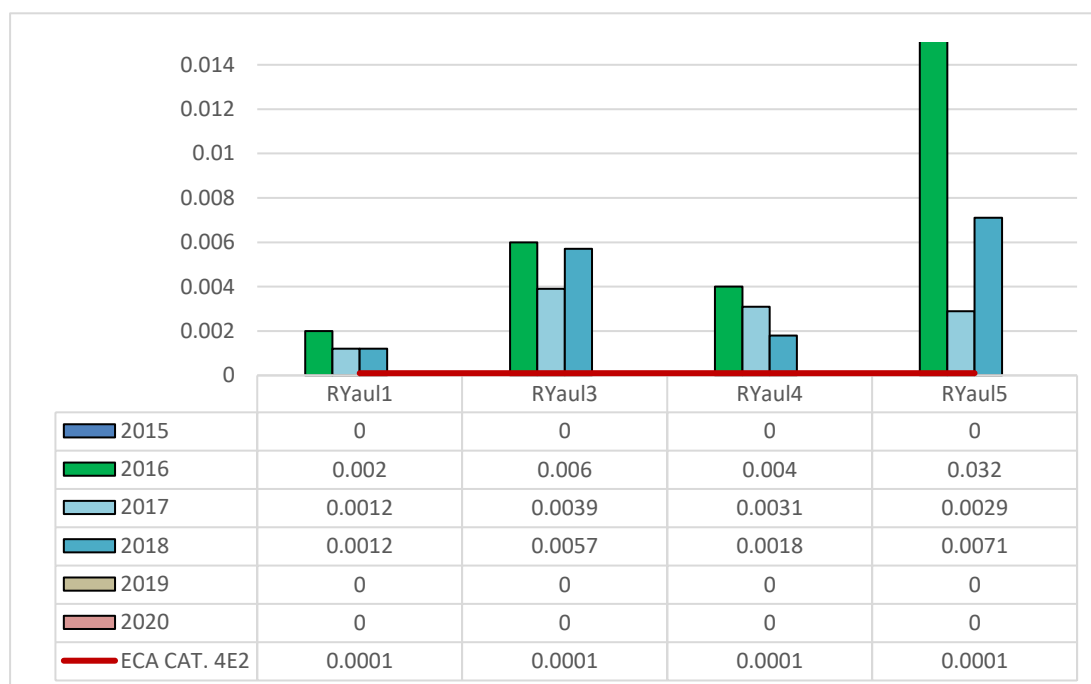
En el Monitoreo Participativo del 2017 la estación RYaul1 sobrepasa el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1, mientras las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasan el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

Durante el Monitoreo Participativo del 2018 las estaciones RYaul1 y RYaul4 sobrepasan el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1, mientras las estaciones

RYaul3 y RYaul5 sobrepasan el valor del ECA agua para la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

Figura 36

Concentración de Mercurio en época de estiaje para categoría 4

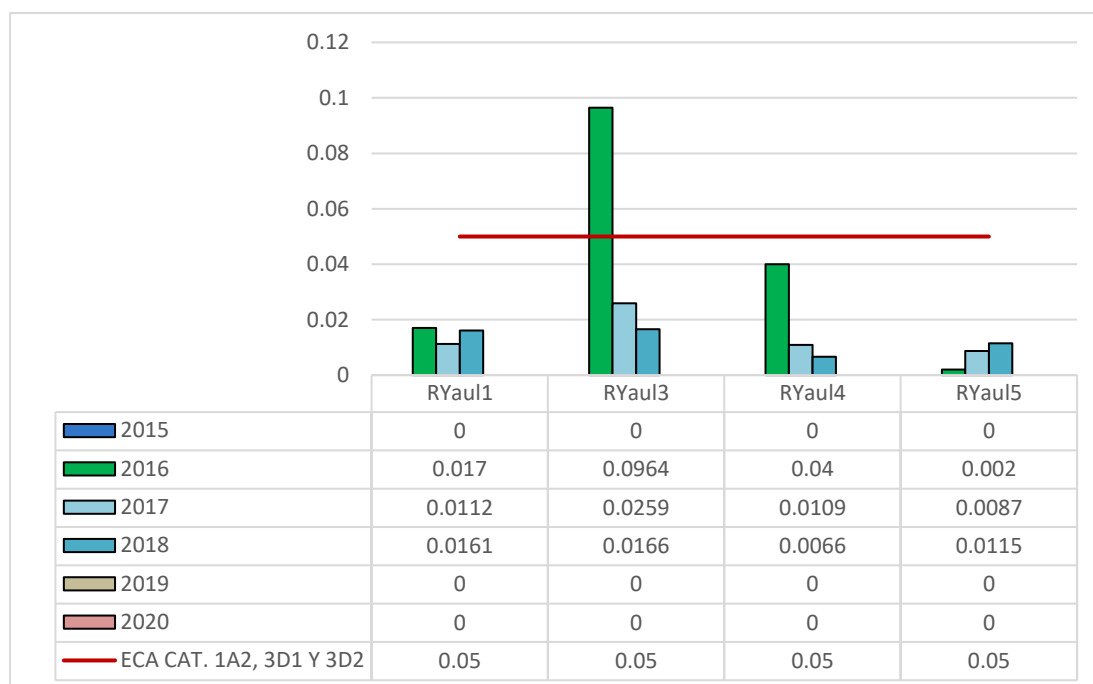


Fuente: Elaboración Propia

En los Monitoreos Participativos del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones superaron el ECA agua para la categoría 4, subcategoría E2.

Figura 37

Concentración de Plomo en época de estiaje para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

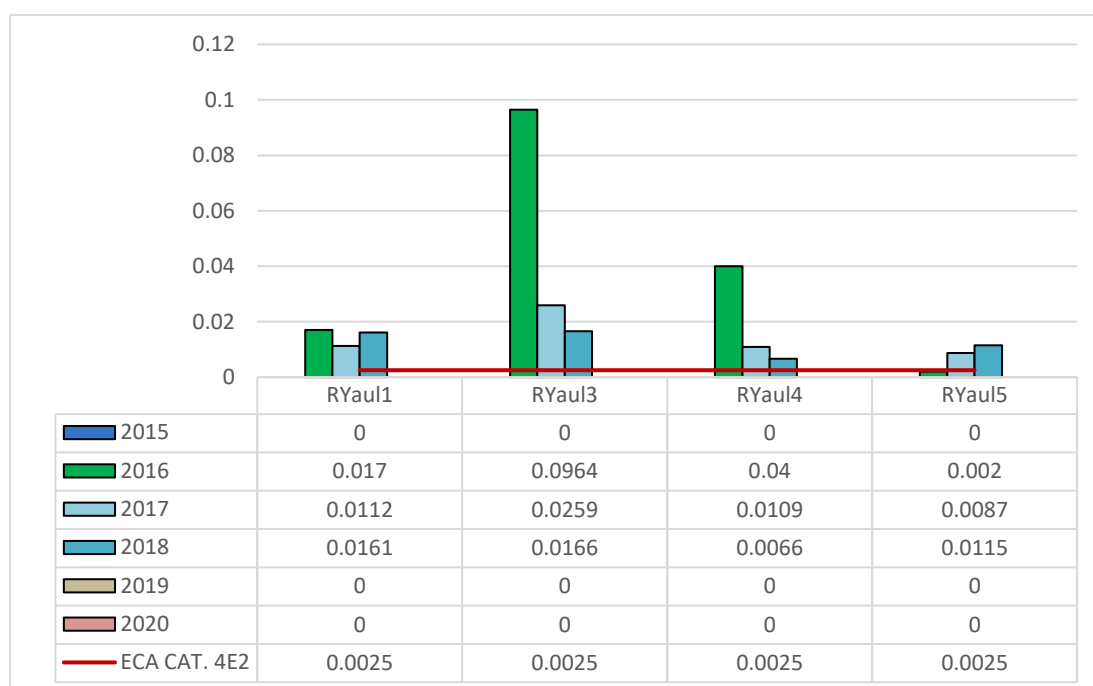
En el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2017 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

En el Monitoreo Participativo del 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 38

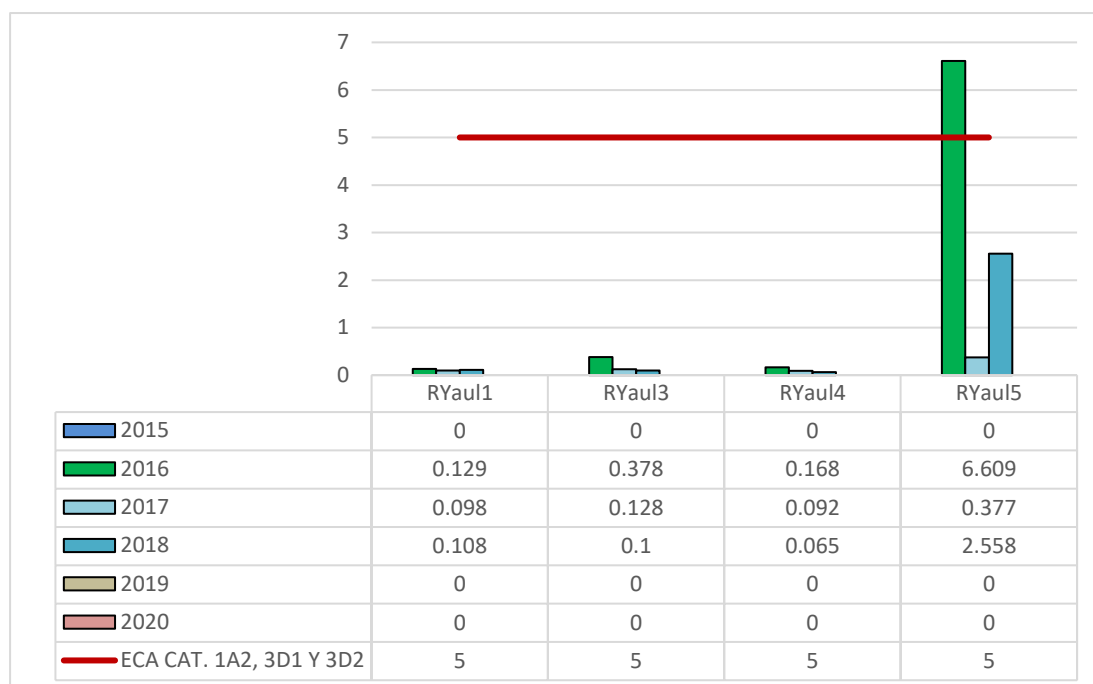
Concentración de Plomo en época de estiaje para categoría 4



Fuente: Elaboración Propia

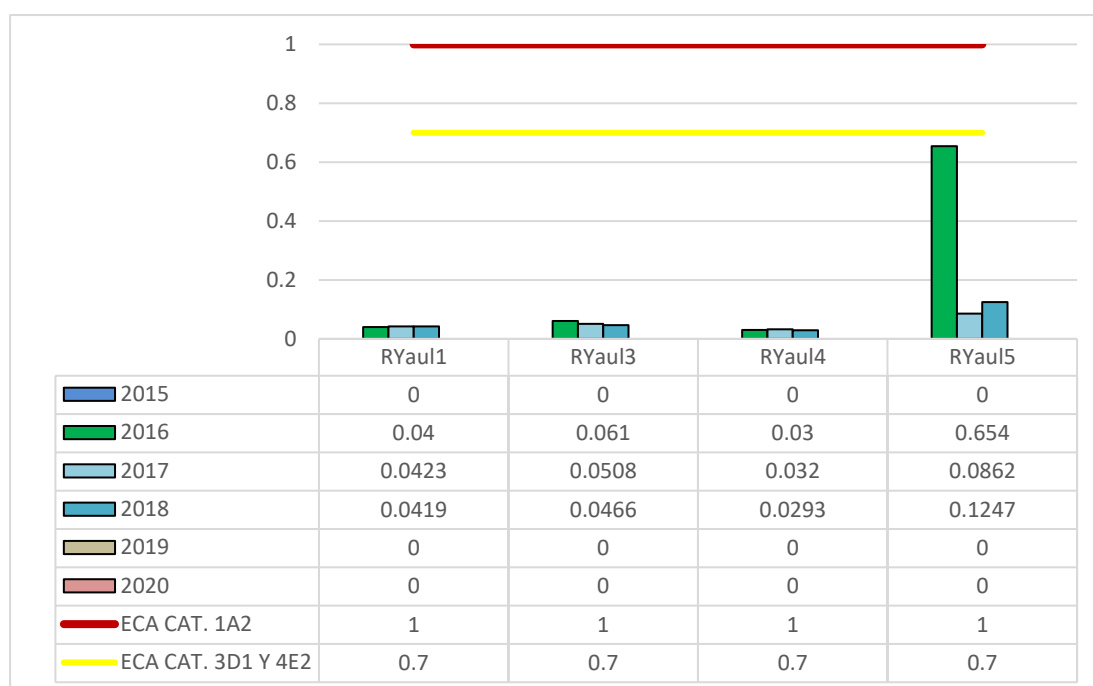
En el monitoreo participativo del 2016 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4, sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

En los monitoreos participativos del 2017 y 2018 todas las estaciones sobrepasaron el valor del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Figura 39*Concentración de Aluminio en época de estiaje***Fuente: Elaboración Propia**

En el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

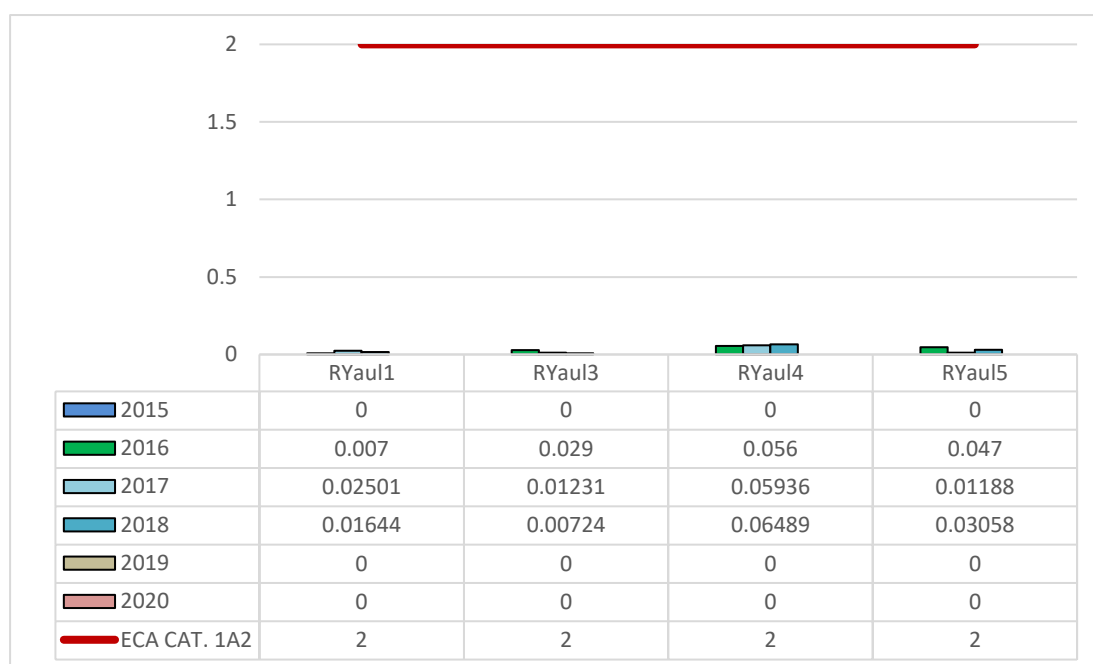
En los monitoreos participativos del 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1 y 3, subcategoría A2 y subcategoría D1 y D2, respectivamente.

Figura 40*Concentración de Bario en época de estiaje***Fuente: Elaboración Propia**

En los monitoreos participativos del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Figura 41

Concentración de Cobre en época de estiaje para categoría 1

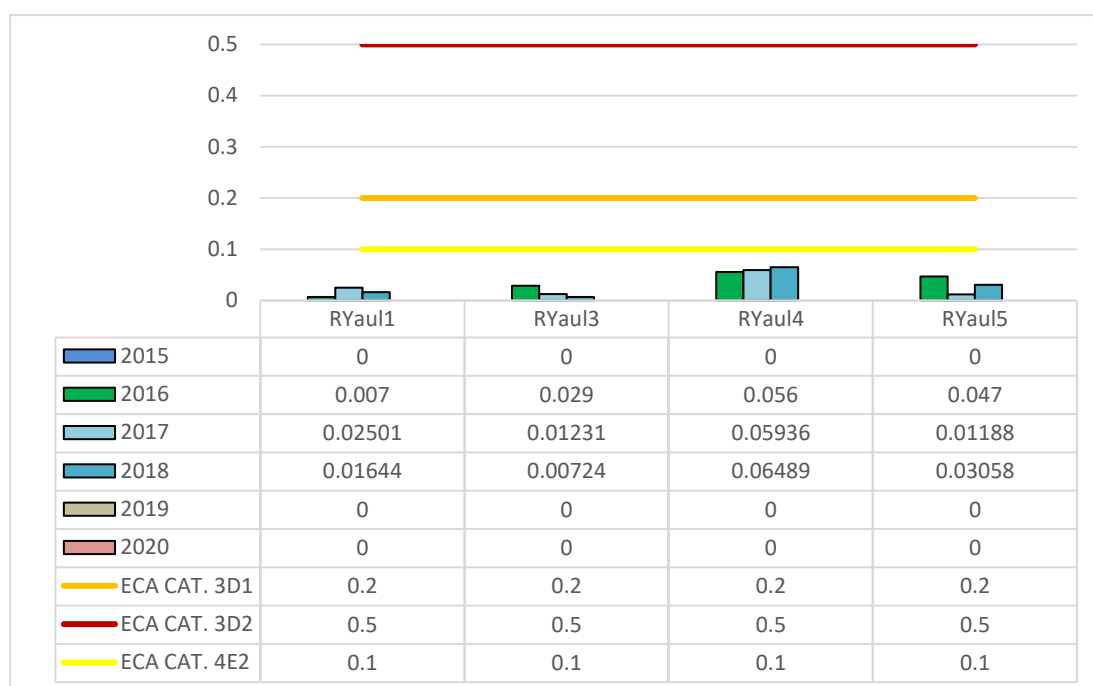


Fuente: Elaboración Propia

En los monitoreos participativos del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 42

Concentración de Cobre en época de estiaje para categoría 3 y 4

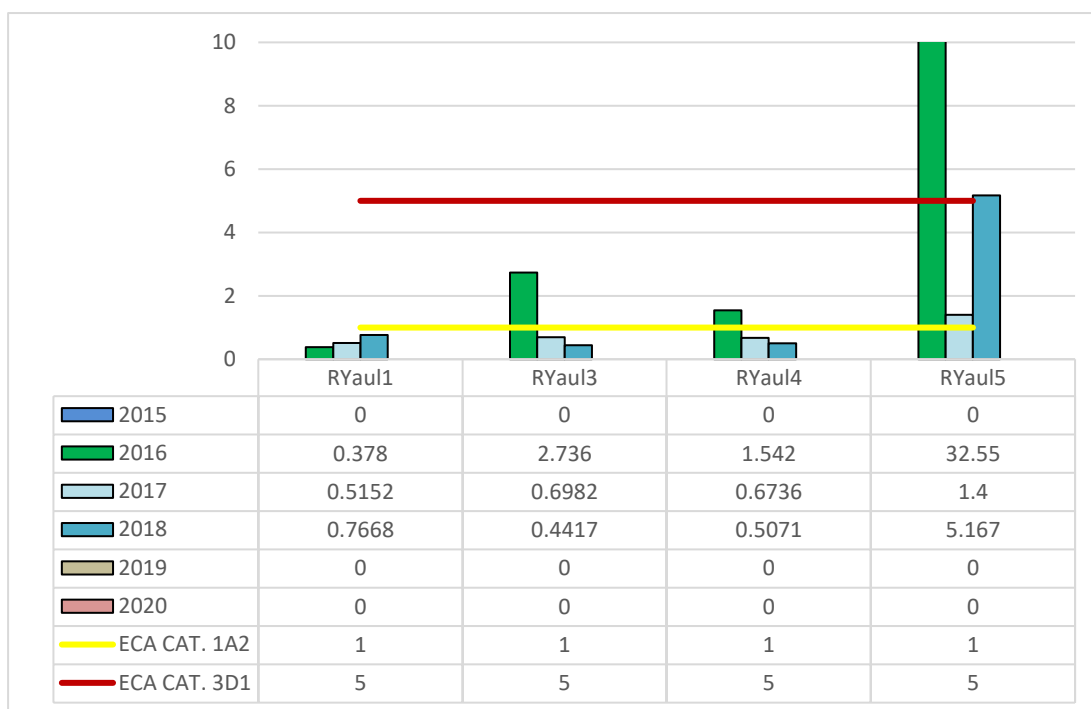


Fuente: Elaboración Propia

En los monitoreos participativos del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3 y 4, subcategoría D1 y D2 y subcategoría E2, respectivamente.

Figura 43

Concentración de Hierro en época de estiaje para categoría 1 y 3



Fuente: Elaboración Propia

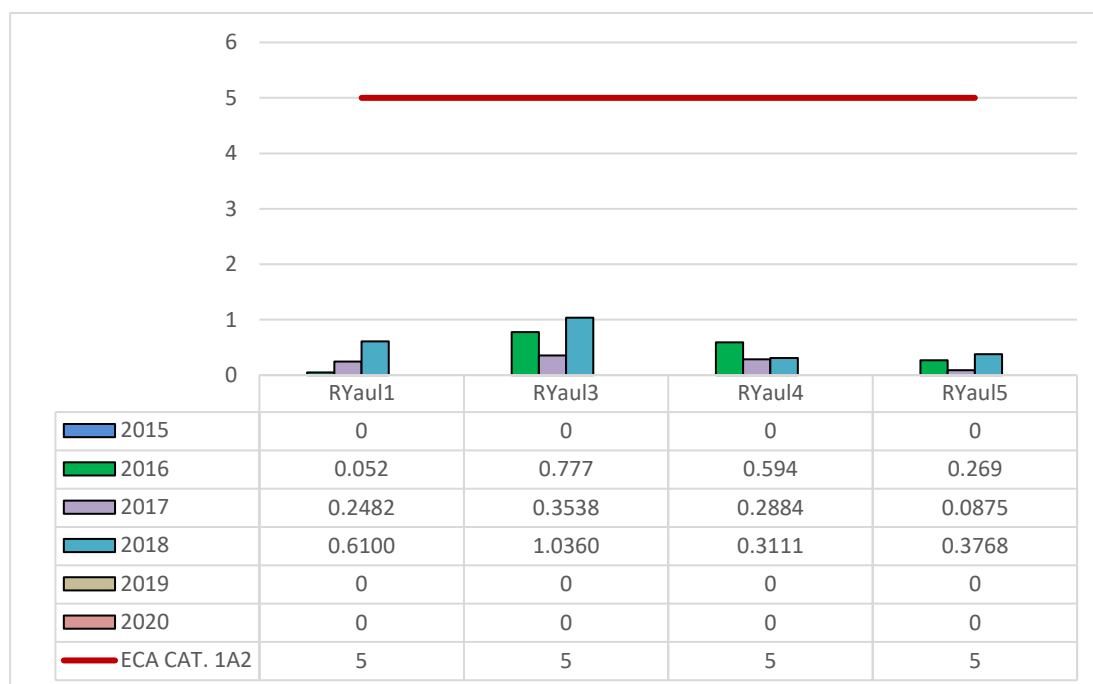
En el monitoreo participativo del 2016 las estaciones RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron los valores del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2. Mientras que la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2017 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul5 sobrepasó el valor del ECA agua para categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3, subcategoría D1.

Figura 44

Concentración de Zinc en época de estiaje para categoría 1

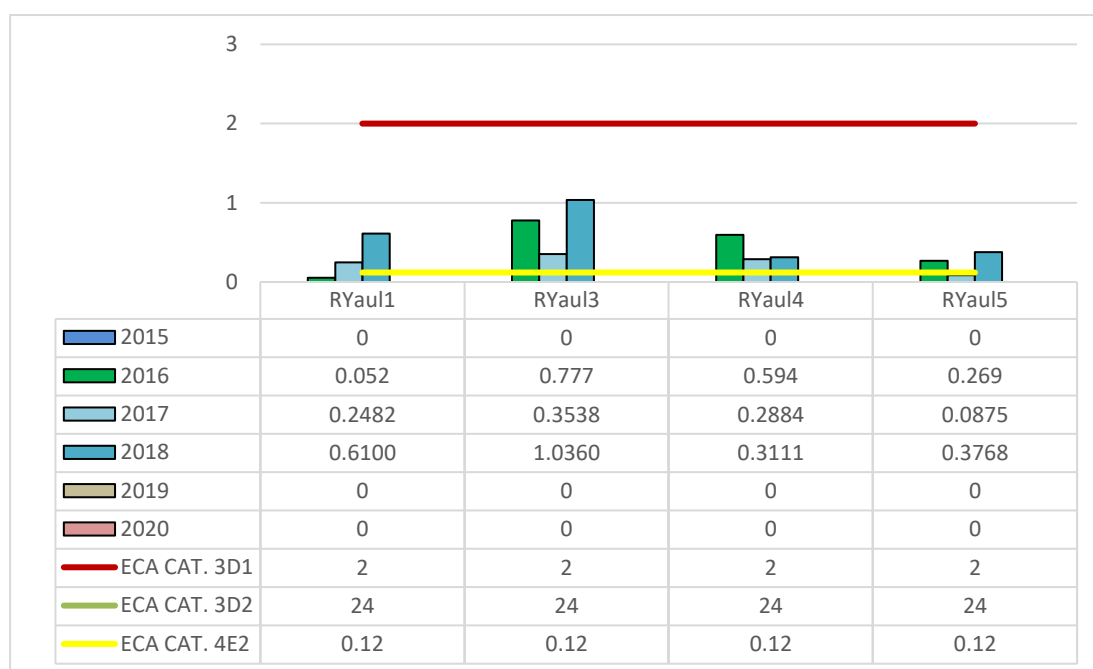


Fuente: Elaboración Propia

En los monitoreos participativos del 2016, 2017 y 2018 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 1, subcategoría A2.

Figura 45

Concentración de Zinc en época de estiaje para categoría 3 y 4



Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2016 las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 sobrepasaron el valor del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Durante el monitoreo participativo del 2017 las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 sobrepasaron el ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

Durante el monitoreo participativo del 2018 todas las estaciones sobrepasaron el valor del ECA agua para categoría 4, subcategoría E2.

4.3. Parámetros Microbiológicos

De resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la cuenca Mantaro realizado por la AAA-Mantaro del año 2015 al 2020, también se tomaron en cuenta los análisis de parámetros microbiológicos, los cuales se muestran a continuación.

4.3.1. Época de Avenida

Se presenta los resultados del monitoreo de calidad del agua de cuatro (04) puntos ubicados a lo largo del río Yauli, donde se calcularon los valores promedios de los parámetros microbiológicos, en temporada de lluvia (noviembre a abril).

Tabla 35

Concentraciones en época de avenida – Coliformes fecales

Estación	Año de monitoreo						Poblacional y Recreacional	ECA (1): Cat.1. A2 D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	7,8	330	-	4,5	490	490	2000	2000	1000	2000
RYaul3	49000	3300	-	17000	70000	1300	2000	2000	1000	2000
RYaul4	1,8	49	-	7,8	490	2400	2000	2000	1000	2000
RYaul5	2	230	-	49	14	490	2000	2000	1000	2000

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36*Concentraciones en época de avenida – Escherichia Coli*

Estación	Año de monitoreo						ECA			
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
RYaul1	7,8	230	-	1,8	330	24	2000	1000	1000	2000
RYaul3	14000	33000	-	11000	46000	47	2000	1000	1000	2000
RYaul4	1,8	49	-	4,5	240	79	2000	1000	1000	2000
RYaul5	2	79	-	33	11	21	2000	1000	1000	2000

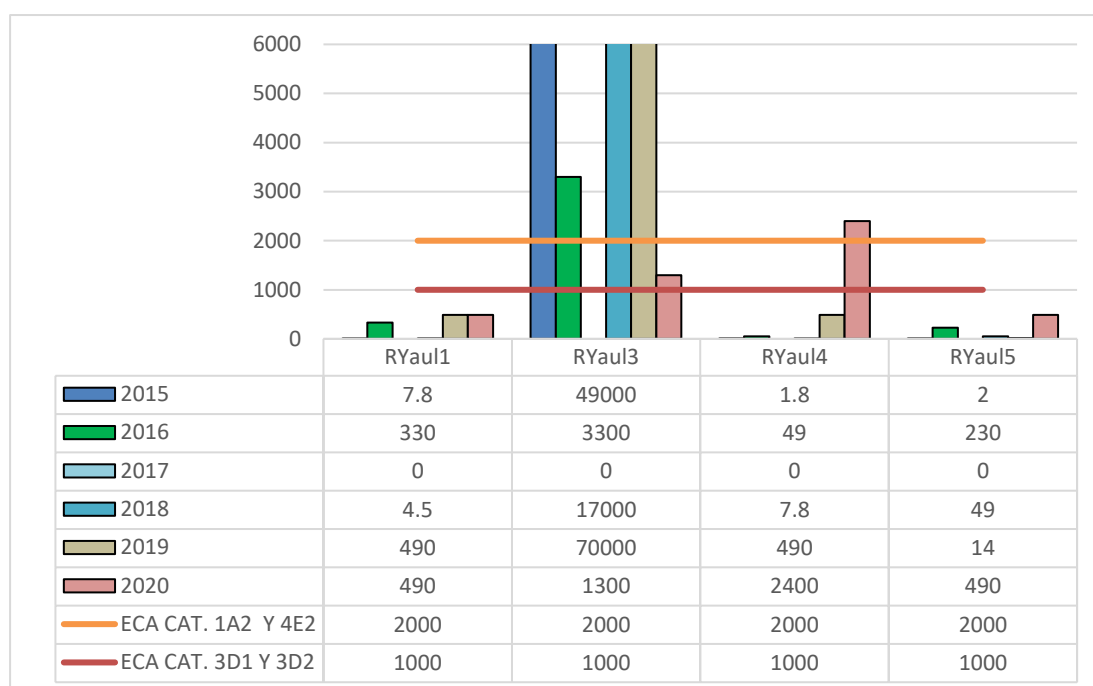
(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

En base a los resultados obtenidos, se han desarrollado las siguientes imágenes que ilustran los cambios en las concentraciones de los parámetros microbiológicos a lo largo del periodo de estudio.

Figura 46

Concentración de coliformes fecales en época de avenida



Fuente: Elaboración Propia

En el monitoreo participativo del 2015 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

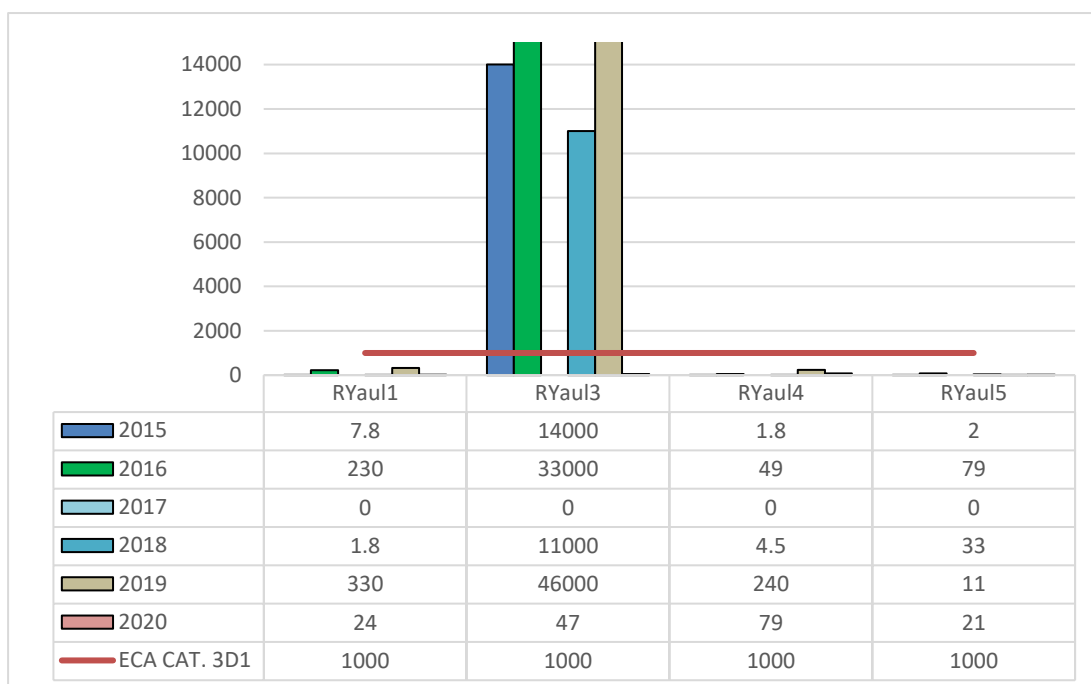
Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo participativo del 2019 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo participativo del 2020 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1 y D2. Mientras que la estación RYaul4 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Figura 47

Concentración de Escherichia Coli en época de avenida



Fuente: Elaboración Propia

Durante el monitoreo participativo del 2015 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2019 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo del 2020 todas las estaciones cumplen con el ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

4.3.1. Época de Estiaje

Tabla 37

Concentración en época de estiaje – Coliformes fecales

Estación	Año de monitoreo						Poblacional y Recreacional	ECA (1): Cat.1. A2 D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.3. E2: Ríos de costa y sierra
	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
RYaul1	-	11	13	4,5	-	-	2000	1000	1000	2000
RYaul3	-	79000	17000	110000	-	-	2000	1000	1000	2000
RYaul4	-	230	17	4,5	-	-	2000	1000	1000	2000
RYaul5	-	460	4,5	2	-	-	2000	1000	1000	2000

(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38*Concentración en época de estiaje – Escherichia Coli*

Estación	Año de monitoreo						ECA			
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ECA (1): Cat.1. A2 Poblacional y Recreacional	ECA (1) Cat.3. D1: Riego de vegetales	ECA (1) Cat.3. D2: Bebida de animales	ECA (1) Cat.4 E2: Ríos costa y sierra
RYaul1	-	4,5	7,8	110	-	-	**	1000	**	**
RYaul3	-	79000	17000	17000	-	-	**	1000	**	**
RYaul4	-	230	17	1,8	-	-	**	1000	**	**
RYaul5	-	170	4,5	1,8	-	-	**	1000	**	**

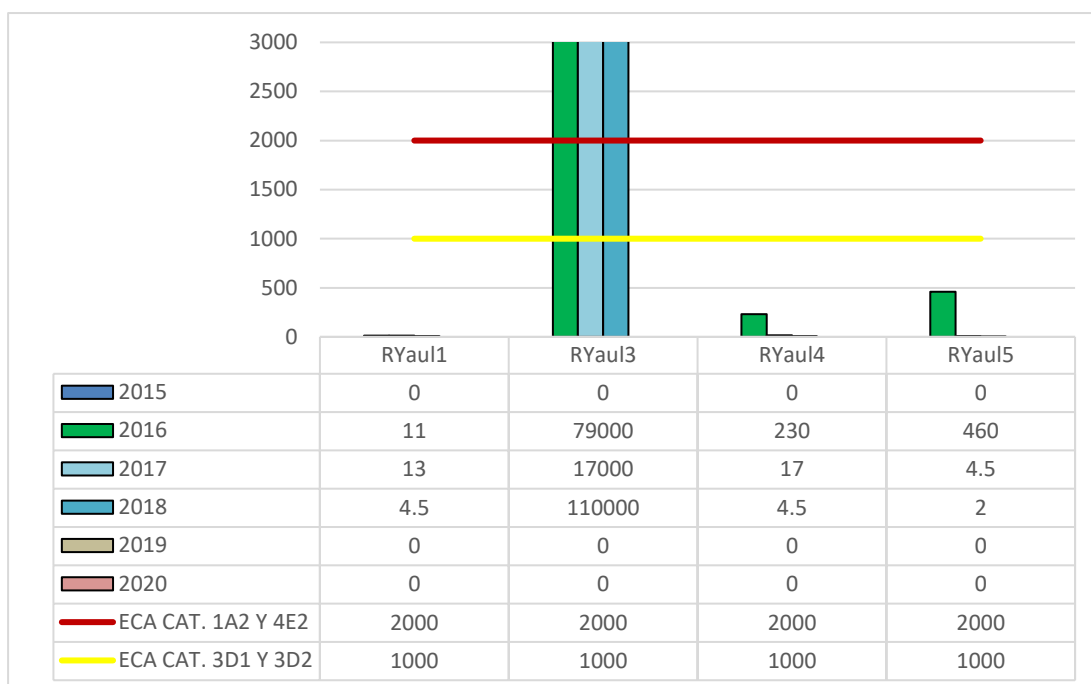
(1): D.S. 004-2017-MINAM. CATEGORÍA 1, 3 Y 4

**: El parámetro no aplica para esta Subcategoría

Fuente: Elaboración Propia

Figura 48

Concentración de coliformes fecales en época de estiaje



Fuente: Elaboración Propia

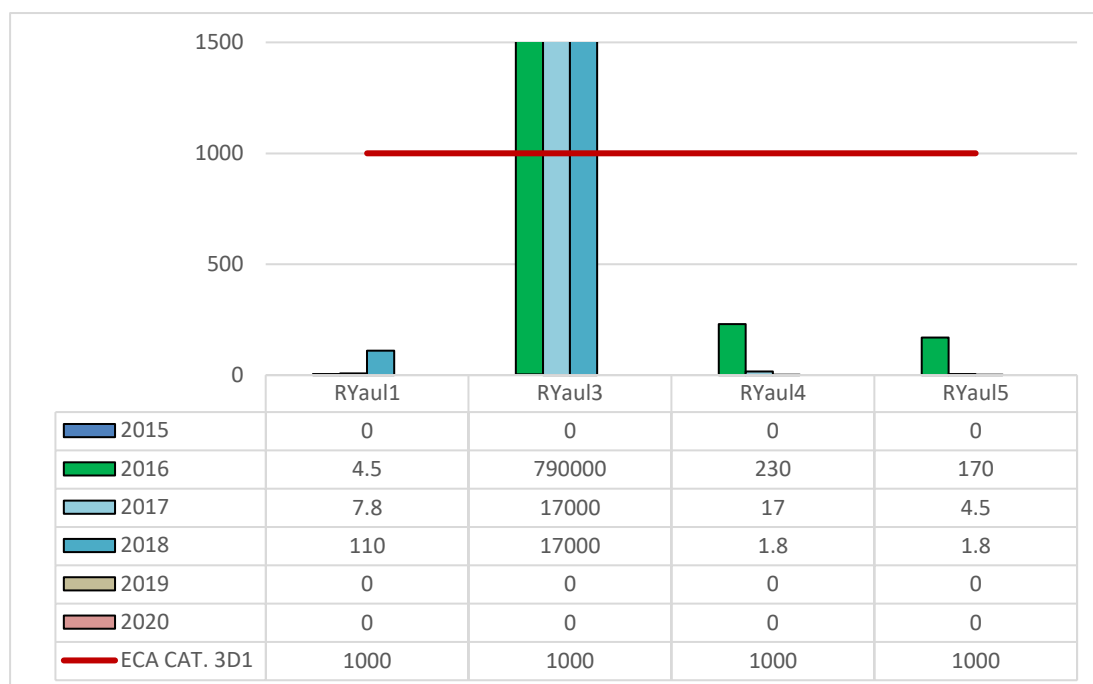
Durante el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo participativo del 2017 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 1, 3 y 4.

Figura 49

Concentración de Escherichia Coli en época de estiaje



Fuente: Elaboración Propia

Durante el monitoreo participativo del 2016 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2017 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

Durante el monitoreo participativo del 2018 la estación RYaul3 sobrepaso el valor del ECA agua para categoría 3, subcategoría D1.

A continuación, se observa los resultados de las evaluaciones físico-químicas y microbiológicas con el transcurrir de los años desde 2015 al 2020. Tanto para la época de avenida y estiaje, con ello podremos comprobar los valores de los parámetros estimados y si tienden a disminuir o aumentar su concentración.

4.4. Parámetros Físico-Químicos

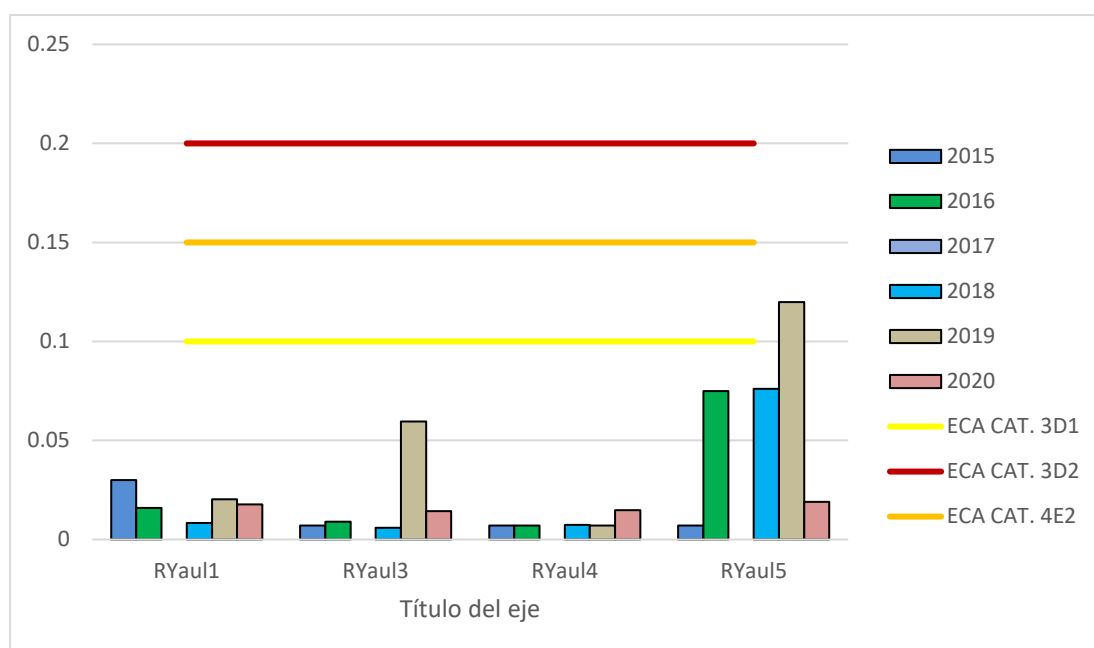
Referente al pH sobrepasa el ECA para todas las categorías evaluadas en la presente investigación, siendo de características básicas.

A continuación, se presentará las gráficas de comparación de los parámetros evaluados en campo en el 2020 con los resultados obtenidos en los monitoreos realizados del 2015 al 2019 por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA-Mantaro), tanto en época de avenida y estiaje:

Realizando las comparaciones en época de avenida el Arsénico entre el año 2015 y 2020, se puede apreciar que las concentraciones cumplen con los ECA para las categorías 3-D2 y 4-E2, no obstante, se encuentra sobrepasando para la categoría 3-D1 en el año 2019, asimismo, para la categoría 1-A2, el cual incrementa durante los últimos tres años en la estación RYaul5, punto de monitoreo ubicado en la parte baja del río Yauli (antes de la unión con el río Pucara).

Figura 50

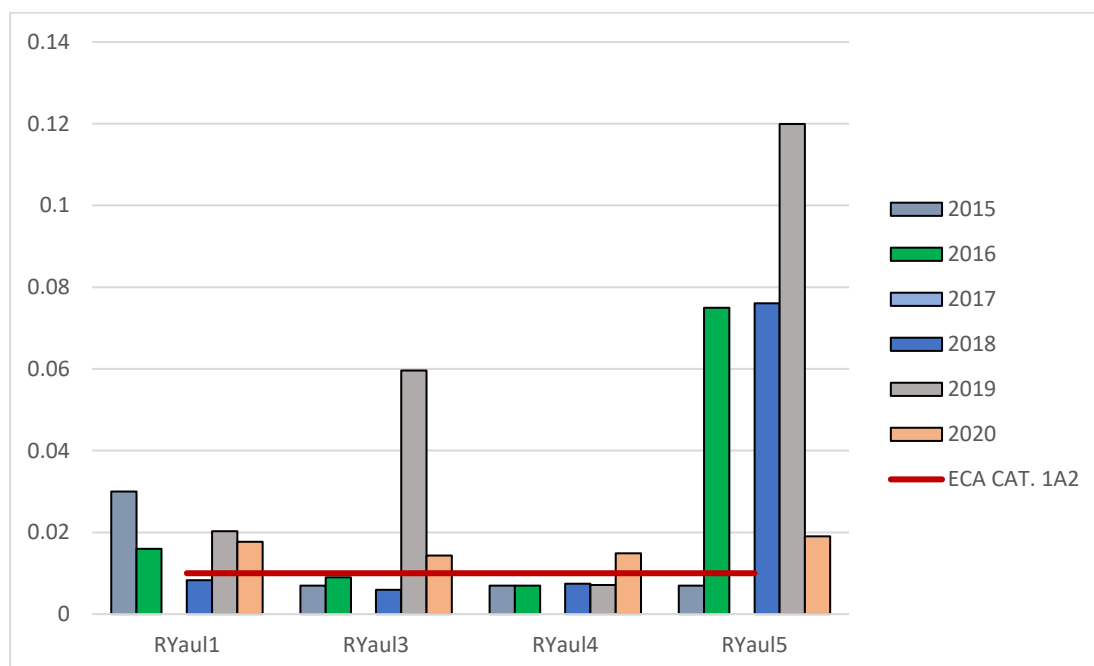
Concentración de arsénico en época de avenida años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 51

Concentración de arsénico en época de avenida años 2015 - 2020

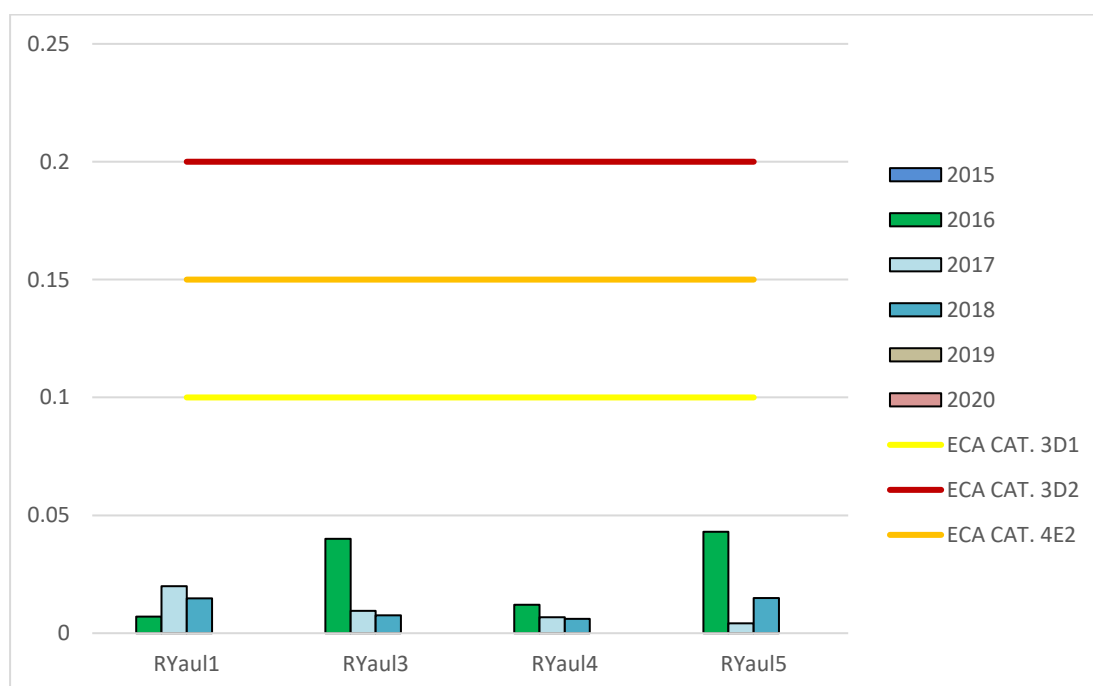


Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los valores de arsénico en época de estiaje cumplen con los ECA para las categorías 3-D1, 3D2 y 4-E2, no obstante, se encuentra sobrepasando para la categoría 1-A2 en el año 2016, 2017 y 2018, pero tiene una tendencia a la disminución de concentración.

Figura 52

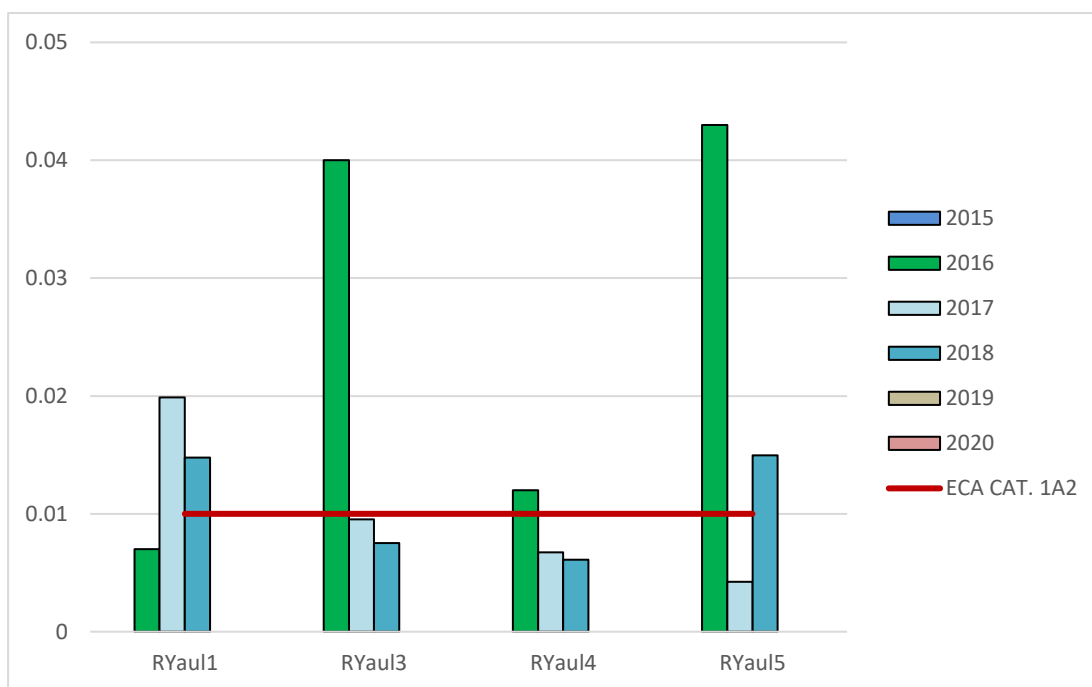
Concentración de arsénico en época de estiaje años 2015 – 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53

Concentración de arsénico en época de estiaje años 2015 - 2020



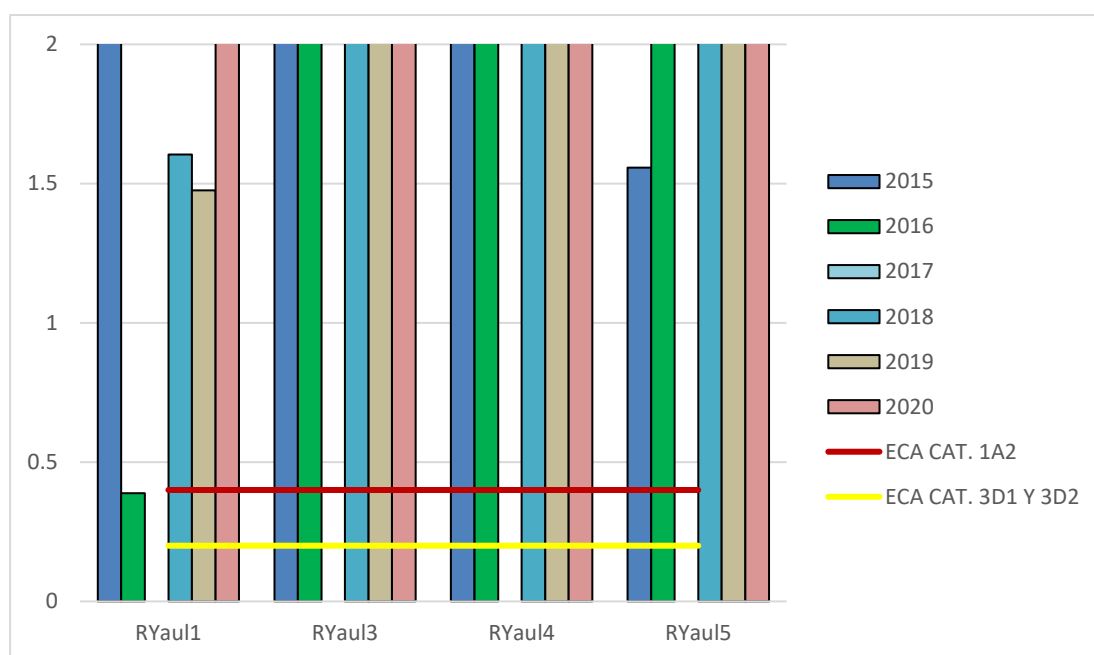
Fuente: Elaboración Propia

Se muestra la comparación de Manganeseo en época de avenida entre el año 2015 y 2020, se puede apreciar que las concentraciones sobrepasan los ECA en todas las estaciones para las categorías 1-A2, 3-D1 y 3-D2. Por otro lado, en la época de estiaje también se observa que los valores de concentración superaron los Estándares de Calidad Ambiental en todas las estaciones.

Los máximos valores se presentaron en la estación RYaul1, valor que supera en un 65.87% del estándar. Durante el año 2019, el cadmio supero el ECA en todas las estaciones, las cuales presentaron los siguientes valores de 1,476 mg/l, 9,264 mg/l, 3,579 mg/l y 3,516 mg/l. Asimismo, durante el año 2020 el cadmio supero el ECA en todas las estaciones, las cuales presentaron los siguientes valores de 13,17516 mg/l, 8,93919 mg/l, 6,15867 mg/l y 2,82032 mg/l.

Figura 54

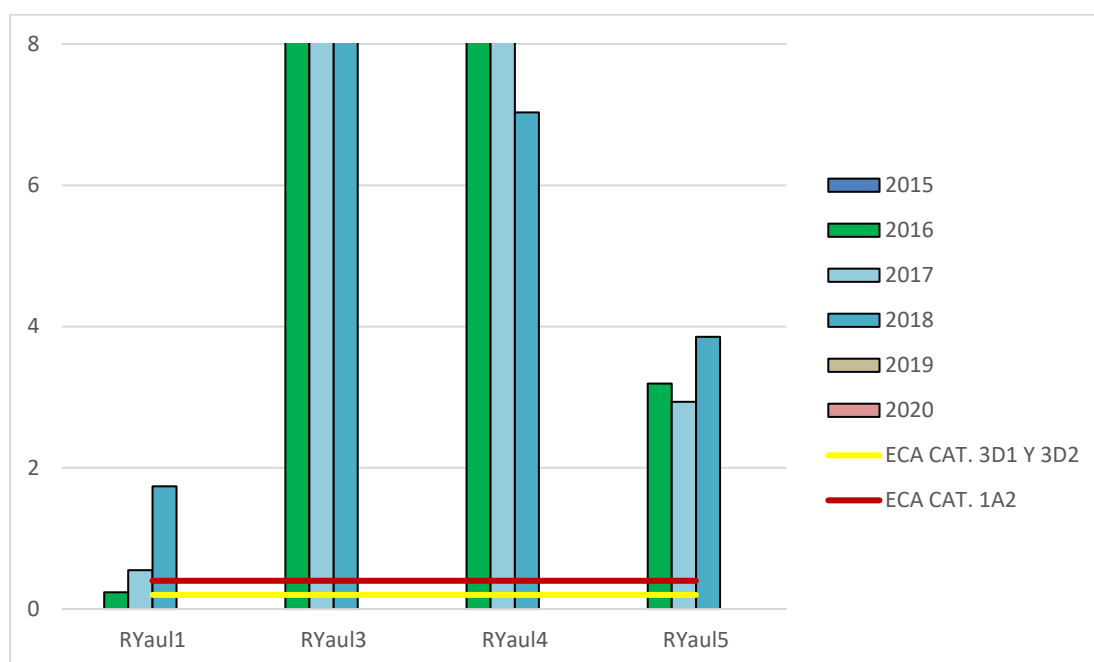
Concentración de manganeso en época de avenida años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 55

Concentración de manganeso en época de estiaje años 2015 - 2020



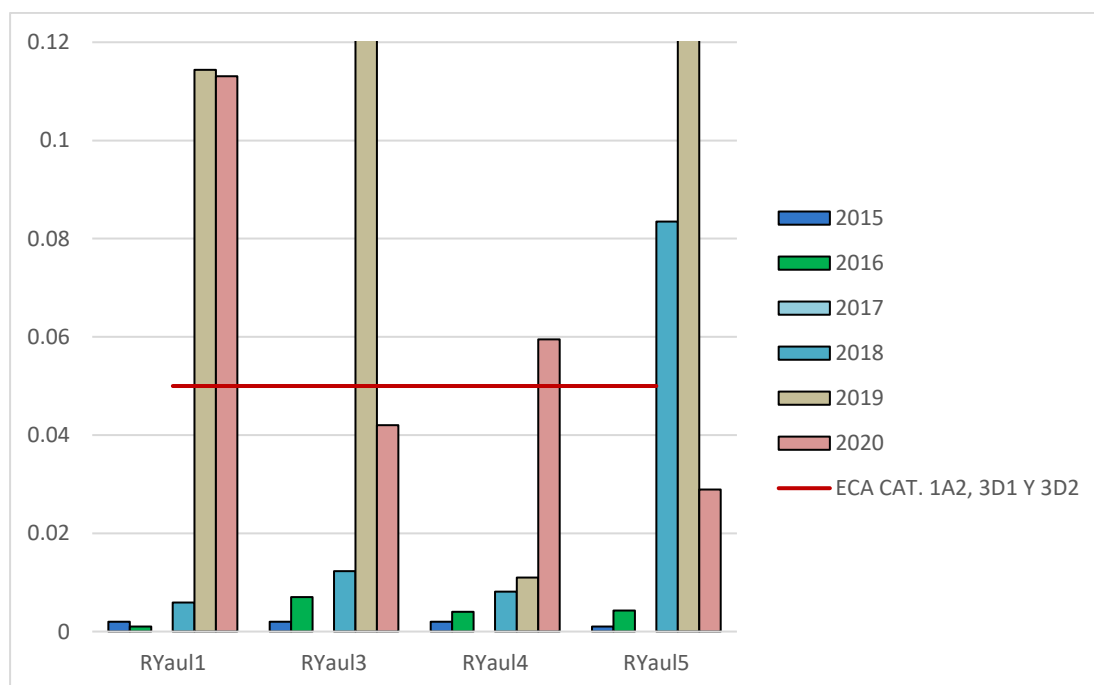
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la comparación de Plomo en época de avenida entre el año 2015 y 2020. Se puede apreciar que el monitoreo realizado en el año 2015 cumple con el ECA, sin embargo, durante el año 2018 al 2020 el plomo supero el Estándar para todas las estaciones en la categoría 1-A2, 3-D1 y 3-D2. Asimismo, durante el año 2020 el plomo supero el Estándar en las estaciones RYaul1 y RYaul4, las cuales presentaron los siguientes valores de 0,1131 mg/l y 0,0595 mg/l, respectivamente. Respecto, a la categoría 4-E2 se observa que, durante los años 2016, 2017, 2019 y 2020 los valores superan dicho Estándar en las cuatro (04) estaciones de monitoreo.

Los máximos valores se presentaron en la estación RYaul1, cuyo valor supera en un 175% del estándar para categoría 1-A2, 3-D1 y 3-D2, asimismo, la concentración supero en un 1500 % del estándar para categoría 4-E2.

Figura 56

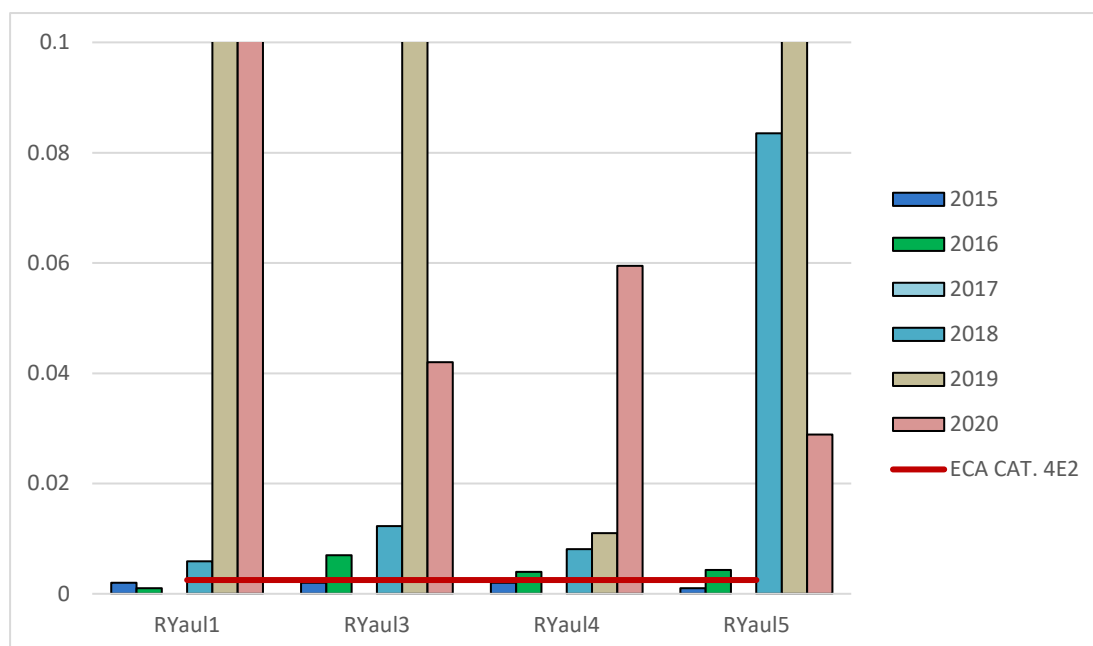
Concentración de plomo en época de avenida años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

Concentración de plomo en época de avenida años 2015 - 2020

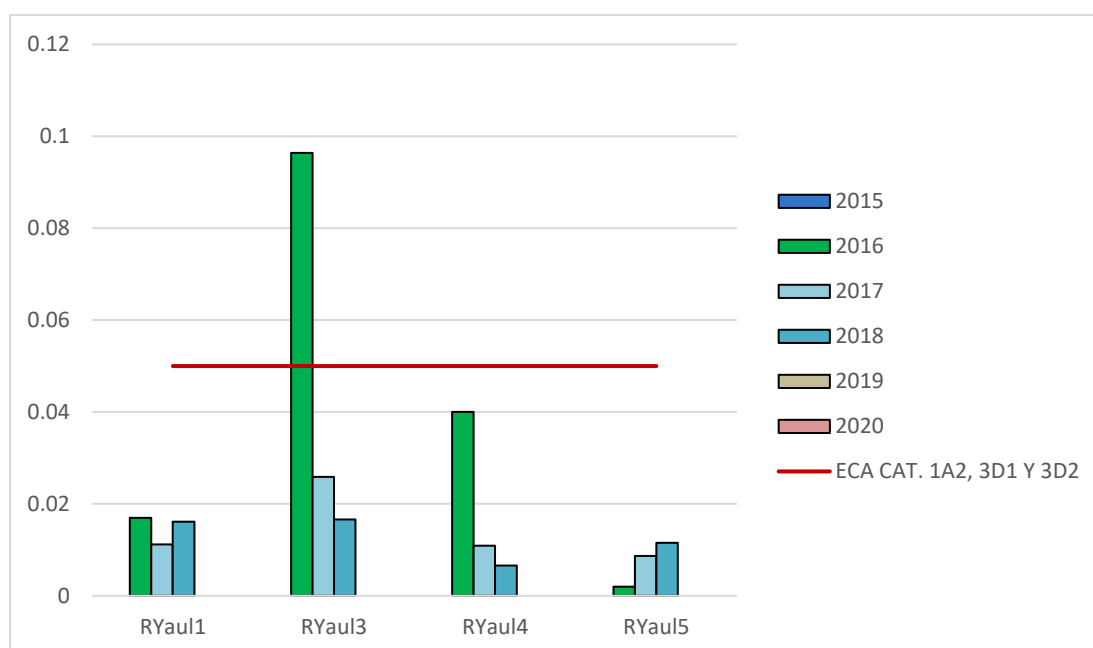


Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los valores de plomo en época de estiaje no superan los ECA para las categorías 1-A2, 3-D1 y 3D2, no obstante, se encuentra sobrepasando en la estación RYaul3 en el año 2016 cuya concentración es 0,0964 mg/l el cual supera en 93 % al ECA. Respecto a la categoría 4-E2, todas las estaciones sobrepasan los valores establecidos en el ECA, donde la máxima concentración se presentó en la estación RYaul3 cuyo valor supera en un 384 % del ECA. Es importante mencionar que este parámetro ha disminuido su concentración durante los últimos 3 años, sin embargo, mantiene la tendencia a tener valores que superan el ECA.

Figura 58

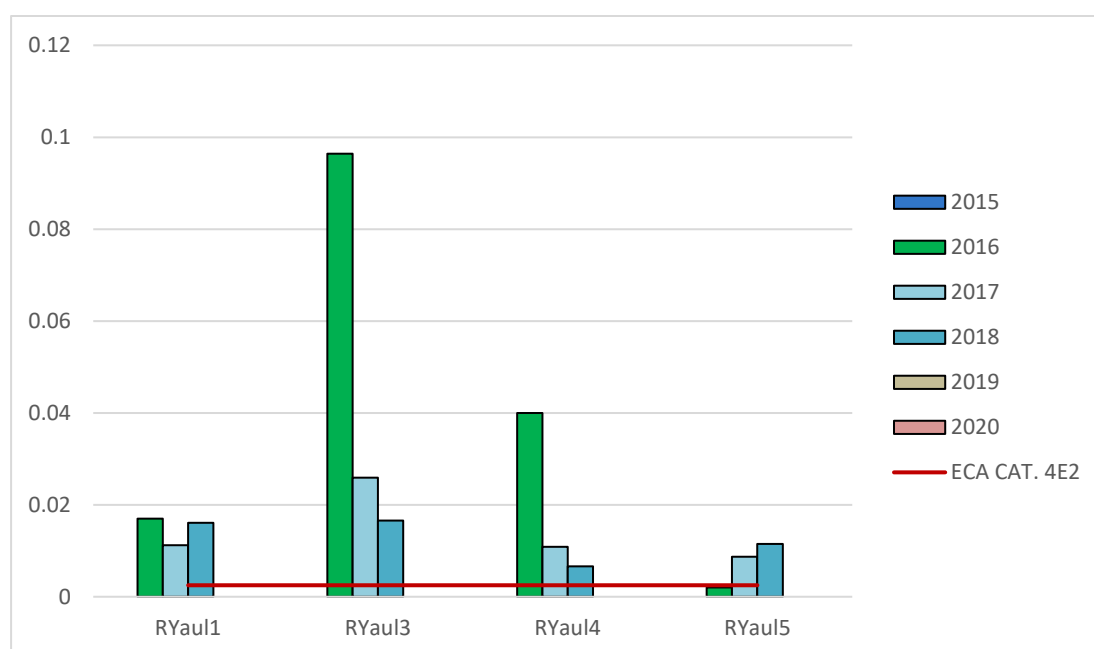
Concentración de plomo en época de estiaje años 2015 – 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 59

Concentración de plomo en época de estiaje años 2015 - 2020

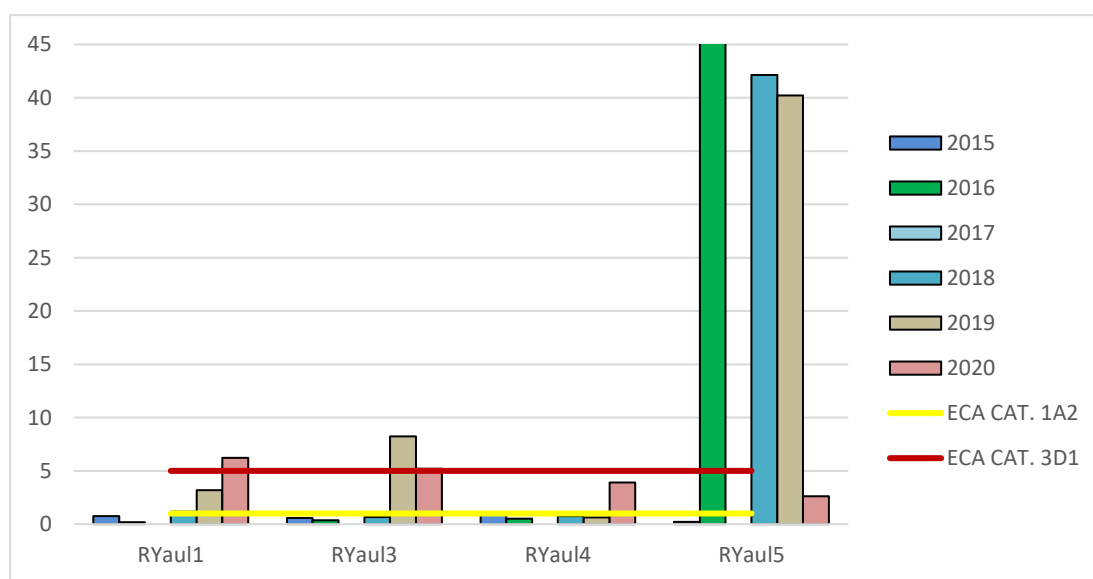


Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la comparación de Hierro en época de avenida entre el año 2015 y 2020. Se puede apreciar que el monitoreo realizado el 2015, cumple con los ECA en todas las estaciones, sin embargo, desde el 2016 al 2020 existe un incremento de las concentraciones de hierro. Durante el año 2016 el hierro supero el ECA para categoría 1-A2 y 3-D1 en la estación RYaul5, el cual presento un valor de 59,72 mg/l. Mientras el año 2018 el hierro supero el ECA para categoría 1-A2 en la estación RYaul1 cuyo valor es de 1,183 mg/l y el ECA para categoría 1-A2 y 3-D1 para la estación RYaul5, cuyo valor es de 42,14 mg/l. Durante el año 2019 el hierro supero el ECA para categoría 1-A2 y 3-D1 en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul5, las cuales presentaron los valores de 3,198 mg/l, 8,24 mg/l y 40,2 mg/l, respectivamente. Mientras que en el año 2020 el hierro supero el ECA para categoría 1-A2 y 3-D1 en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul5, las cuales presentaron los valores de 6,1 mg/l, 5,1 mg/l y 2,7 mg/l, respectivamente. Los máximos valores se presentaron en el año 2016 en la estación RYaul5, cuyo valor supera en un 5972% del estándar para categoría 1-A2, asimismo, la concentración supero en un 1194,4% del estándar para categoría 3-D1.

Figura 60

Concentración de hierro en época de avenida años 2015 - 2020

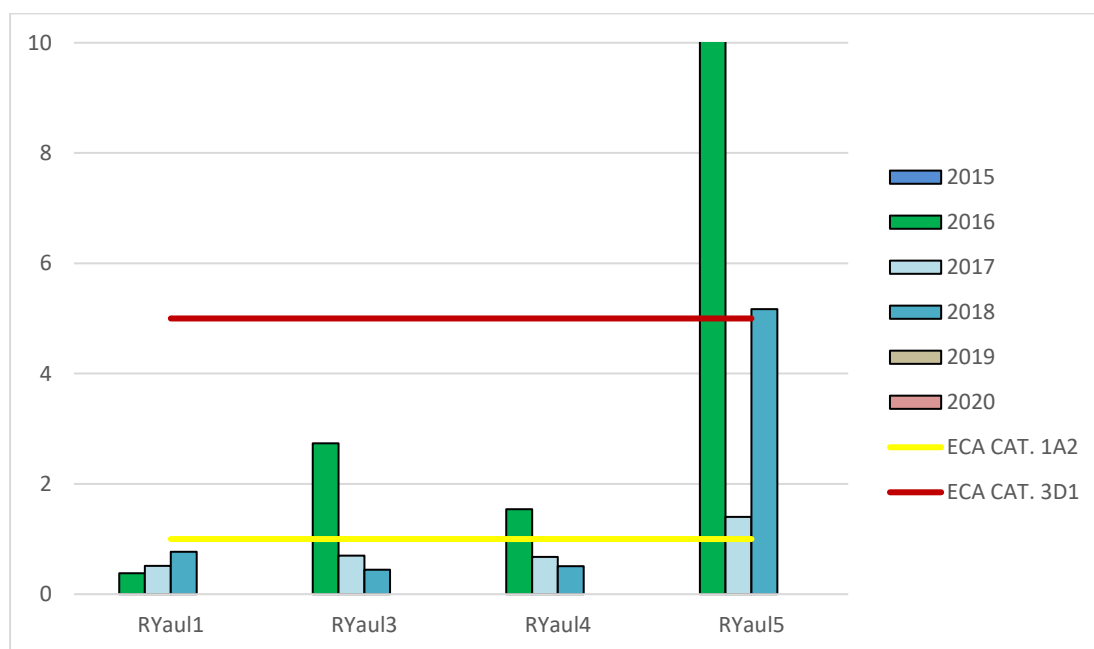


Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los valores de Hierro en época de estiaje se observa una disminución de los valores en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4, sin embargo, existe la tendencia a tener valores altos en la estación RYaul5. Durante el año 2016 se superó el ECA para categoría 1-A2 y 3-D1 en las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5, las cuales presentaron los valores de 2,736 mg/l, 1,542 mg/l y 32,55 mg/l, respectivamente. Para el año 2017 y 2018 solo se superó el ECA en la estación RYaul5 para las categorías 1-A2 y 3-D1, cuyos valores fueron de 1,4 mg/l y 5,167 mg/l.

Figura 61

Concentración de hierro en época de estiaje años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

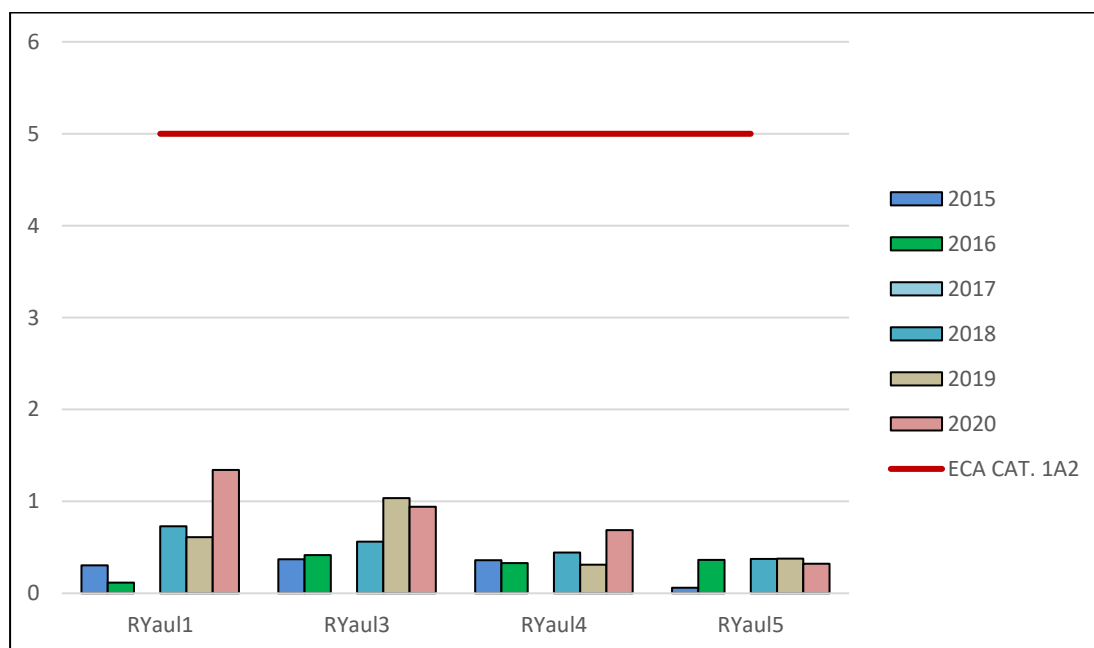
Se muestra la comparación de Zinc en época de avenida entre el año 2015 y 2020. Se puede apreciar que todos los puntos de monitoreo cumplen con el ECA para categoría 1-A2, 3-D1 y 3-D2. Sin embargo, para la categoría 4-E2 existen concentraciones que superan este ECA.

En nuestra evaluación se puede verificar que durante el 2015 el zinc supero el ECA 4-E2 en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 las cuales presentaron los valores de 0,304 mg/l, 0,372 mg/l y 0,359 mg/l, respectivamente. Durante el año 2016 también se superó el ECA 4-E2 en las estaciones RYaul3, RYaul4 y RYaul5 las cuales presentaron los valores de 0,415 mg/l, 0,329 mg/l y 0,363 mg/l, respectivamente. En el año 2018 también se superó el ECA 4-E2 en todas las estaciones monitoreadas. En el año 2019 también se superó el ECA 4-E2 en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 las cuales presentaron los valores de 0,611 mg/l, 1,036 mg/l y 0,311 mg/l, respectivamente. Y finalmente en el año 2020, se superaron los valores del ECA 4-E2 en todas las estaciones monitoreadas.

La máxima concentración se presentó en el año 2020 en la estación RYaul1, cuyo valor supera en un 1118,92% del estándar para categoría 4-E2.

Figura 62

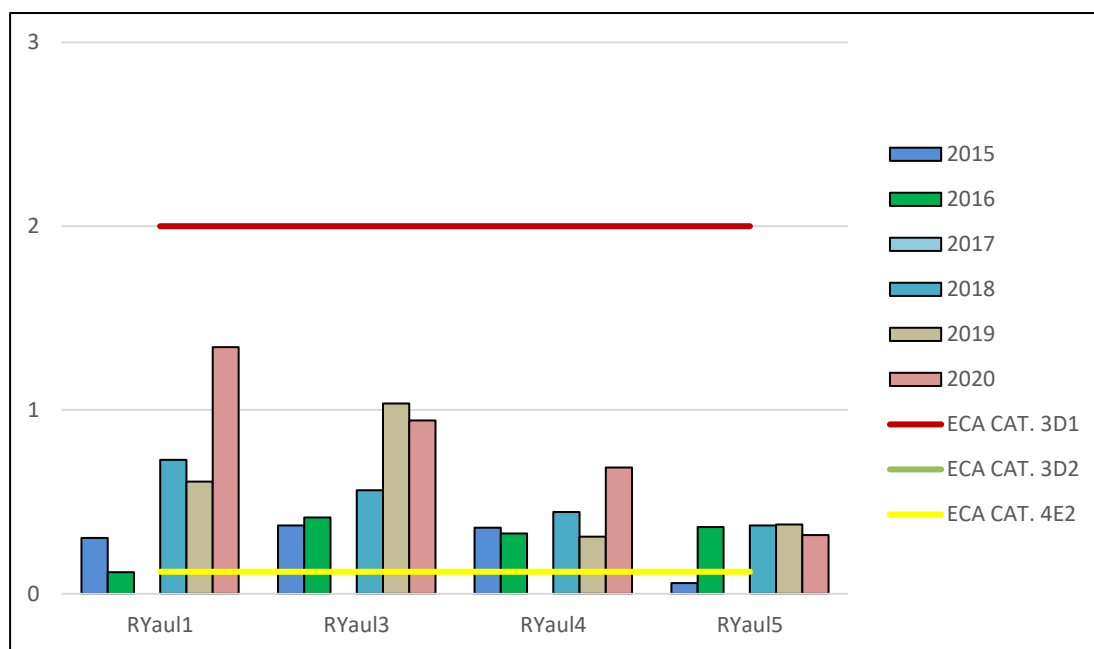
Concentración de zinc en época de avenida años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 63

Concentración de zinc en época de avenida años 2015 - 2020



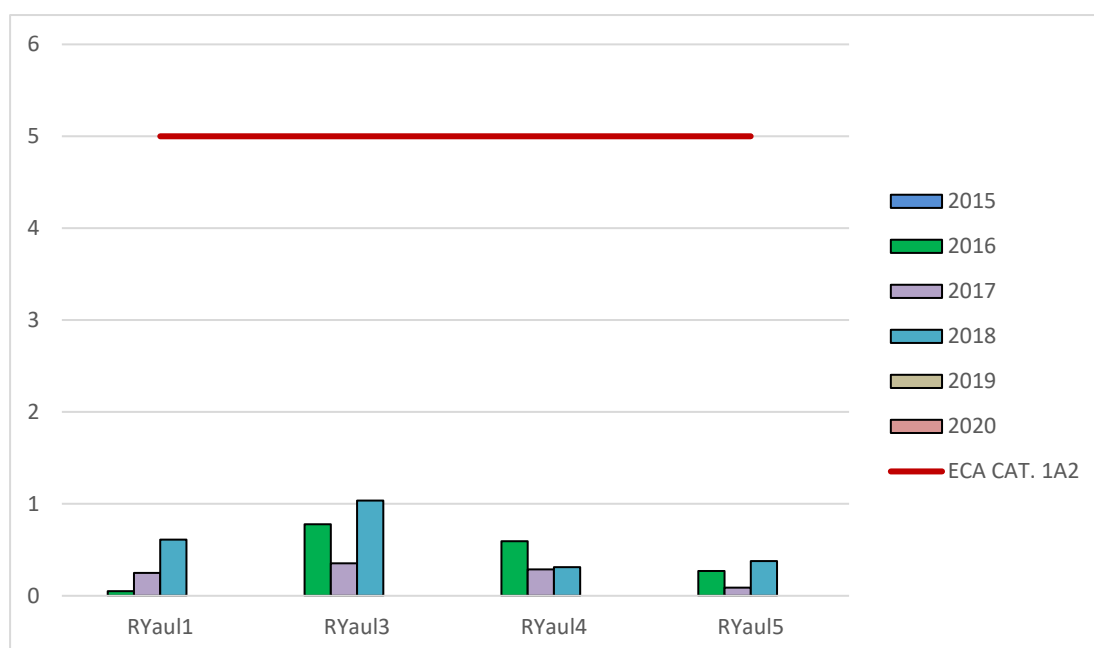
Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, las concentraciones de zinc en época de estiaje se observan que todos los puntos de monitoreo cumplen con el ECA para categoría 1-A2, 3-D1 y 3-D2. Sin embargo, para la categoría 4-E2 existen concentraciones que superan este ECA.

En nuestra evaluación se puede verificar que durante el 2016 se superó el ECA 4-E2 en los puntos RYaul3, RYaul4 y RYaul5 las cuales presentaron los valores de 0,777 mg/l, 0,594 mg/l y 0,269 mg/l, respectivamente. Durante el año 2017 también se superó el ECA 4-E2 en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4 las cuales presentaron los valores de 0,2482 mg/l, 0,3538 mg/l y 0,2884 mg/l, respectivamente. En el año 2018 también se superó el ECA 4-E2 en todos los puntos monitoreadas. En el año 2019 se superaron los valores del ECA 4-E2 en todas las estaciones monitoreadas.

Figura 64

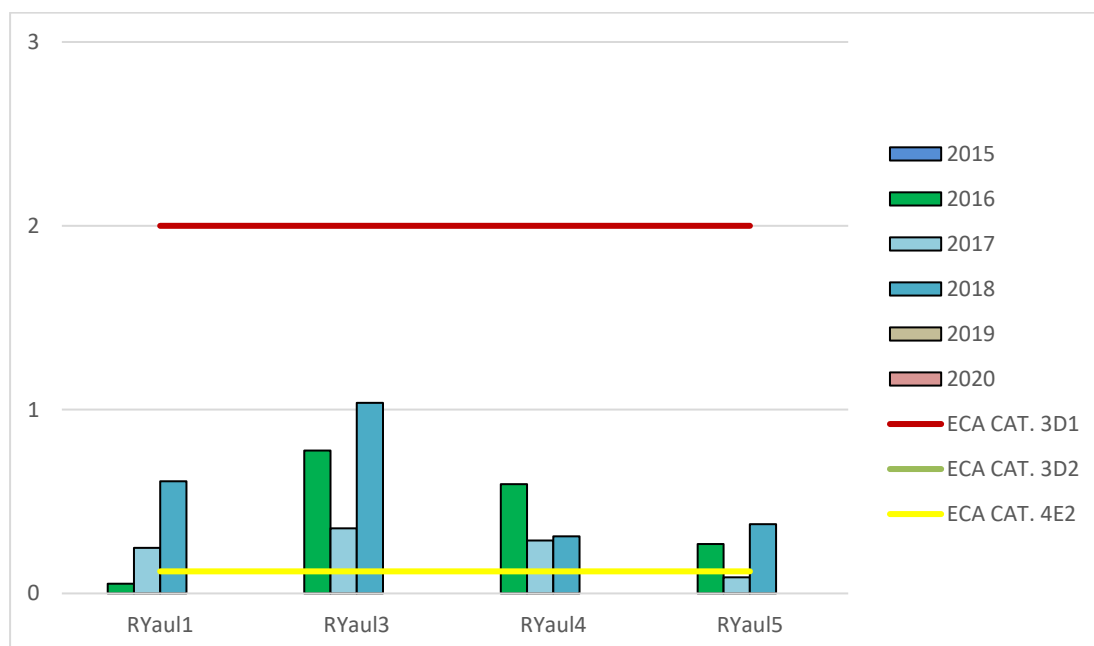
Concentración de zinc en época de estiaje años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

Figura 65

Concentración de zinc en época de estiaje años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

4.5. Parámetros Microbiológicos

En la presente tesis también se ha considerado el parámetro microbiológico con el objetivo de determinar si el agua está siendo impactada con materia orgánica de origen fecales ya sea por humanos o animales. Esto podría darse por el centro poblado ubicada aledaña a la ribera del río Yauli la cual vierte sus aguas residuales sin ningún tipo de control.

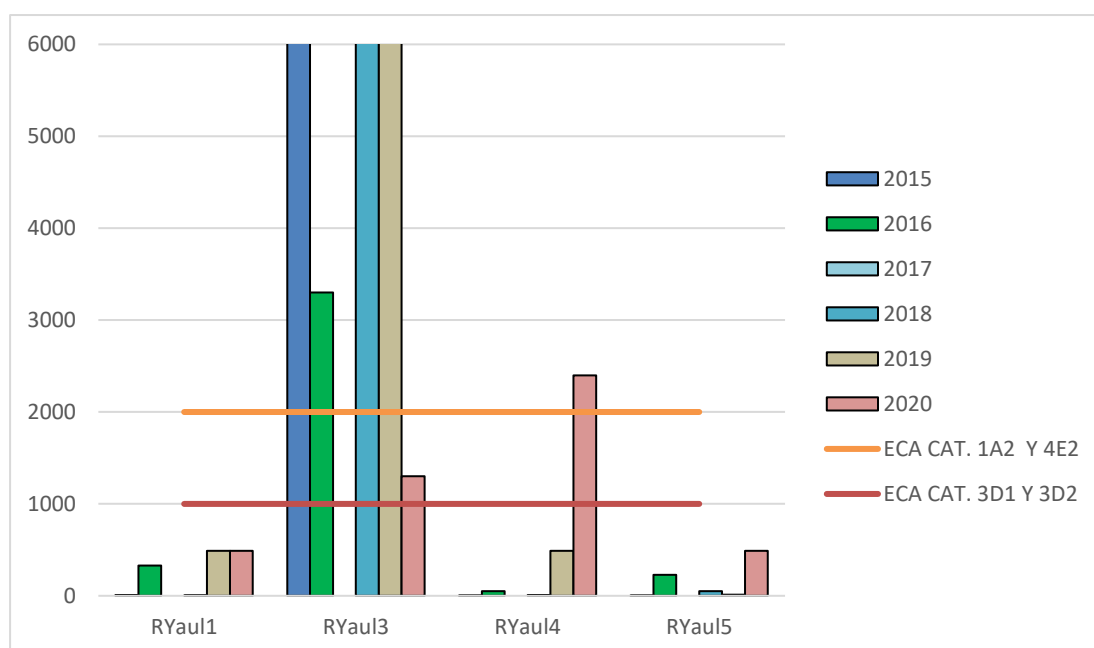
Realizando las comparaciones en época de avenida los coliformes fecales entre el año 2015 y 2020, se puede apreciar lo siguiente:

Durante el año 2015, 2016, 2018 y 2019 se superó el ECA para todas las categorías evaluadas en la estación RYaul3, cuyos valores fueron de 49000 NMP/100 ml, 3300 NMP/ml, 17000 NMP/ml y 70000 NMP/ml, respectivamente, sin embargo, para las demás categorías y estaciones si se cumplió con el ECA. Cabe recalcar que dicha estación de monitoreo se encuentra después de la descarga de aguas domesticas del centro poblado de Yauli.

Asimismo, en el año 2020 se sobrepasó el ECA en la estación RYaul3 para las categorías 3D1 y 3D2 y la estación RYaul4 para todas las categorías evaluadas en la presente investigación, cuyas concentraciones son de 1300 NMP/100 ml y 2400 NMP/100 ml, respectivamente.

Figura 66

Concentración de coliformes fecales en época de avenida años 2015 - 2020



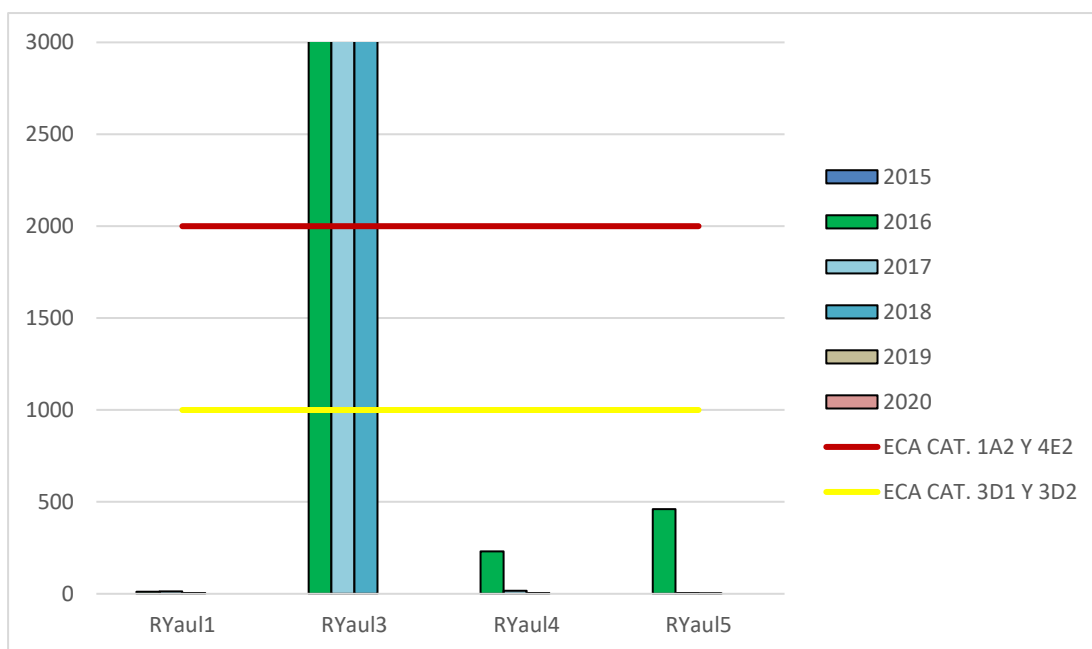
Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los valores de coliformes fecales en época de estiaje se observa la misma tendencia donde se superan los valores del ECA en la estación RYaul3, la cual se ubica después de la descarga de aguas domésticas del centro poblado de Yauli.

Durante los años 2016, 2017 y 2018 se superó los valores del ECA en la estación RYaul3 para todas las categorías evaluadas, cuyos valores fueron de 79000 NMP/100 ml, 17000 NMP/100 ml y 110000 NMP/100 ml, respectivamente.

Figura 67

Concentración de coliformes fecales en época de estiaje años 2015 - 2020

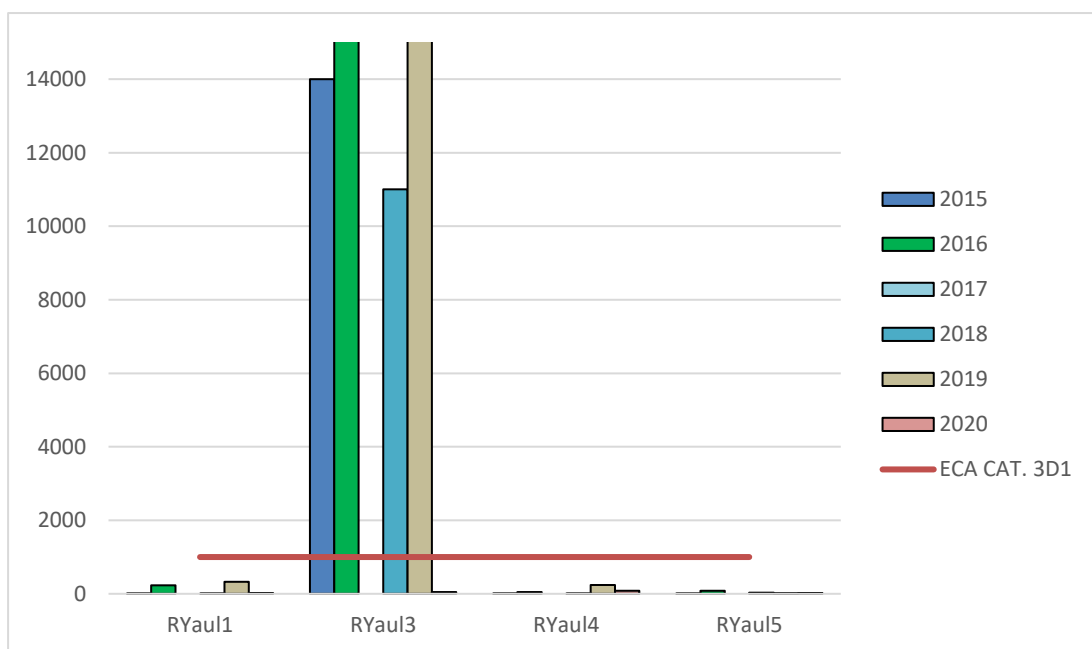


Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la comparación de Escherichia Coli en época de avenida entre el año 2015 y 2020. Se puede apreciar que, durante el año 2015, 2016, 2018 y 2019 se superó el ECA para la categoría 3-D1 en la estación RYaul3, cuyos valores fueron de 14000 NMP/100 ml, 33000 NMP/ml, 11000 NMP/ml y 46000 NMP/ml, respectivamente. Cabe recalcar que dicha estación de monitoreo se encuentra después de la descarga de aguas domesticas del centro poblado de Yauli. Asimismo, durante los años de evaluación del 2015 al 2020 las estaciones RYaul1, RYaul4 y RYaul5, si cumplieron con el valor del ECA para la categoría 3-D1. Además, acotar que en el monitoreo del 2020 todas las estaciones estuvieron dentro del ECA para la categoría 3-D1.

Figura 68

Concentración de Escherichia Coli en época de avenida años 2015 - 2020



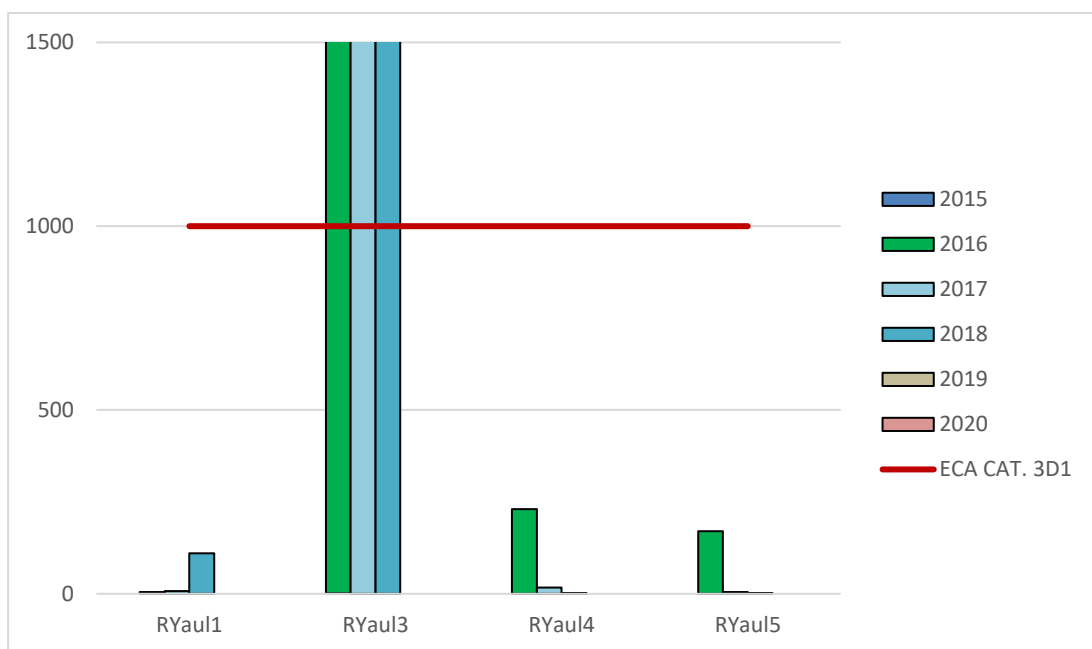
Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se muestra la comparación de Escherichia Coli en época de estiaje donde se puede apreciar que, durante el año 2016, 2017 y 2018 se superó el ECA para la categoría 3-D1 en la estación RYaul3, cuyos valores fueron de 79000 NMP/100 ml, 1700 NMP/ml y 17000 NMP/ml, respectivamente. Cabe recalcar que dicha estación de monitoreo se encuentra después de la descarga de aguas residuales domesticas del centro poblado de Yauli.

Asimismo, durante los mismos años de evaluación las estaciones RYaul1, RYaul4 y RYaul5, si cumplen con el ECA para la categoría 3-D1.

Figura 69

Concentración de Escherichia Coli en época de estiaje años 2015 - 2020



Fuente: Elaboración Propia

4.6. Alternativas de Solución

Como se puede apreciar en los resultados, se encontró que los metales pesados estaban presentes en el río Yauli y por lo tanto se necesita un mejor tratamiento para mejorar la calidad del agua, por lo que se proponen las siguientes alternativas:

- Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas de efluentes mineros.
- Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas de la Municipalidad de Yauli.
- Monitoreo y seguimientos a la calidad del agua del río Yauli.
- Fortalecimiento de las capacidades para mejorar la Gestión Ambiental del recurso hídrico en la municipalidad provincial de Yauli.

4.6.1. Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas de efluentes mineros

Objetivo:
Reducir la concentración de metales pesados en el río Yauli.
Objetivo Especifico:
Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas de efluentes mineros.
Beneficiarios del Proyecto:
Centros poblados aguas abajo de Yauli.
Población Meta:
Centros poblados en la zona baja de Yauli, municipalidad y empresas privadas.
Problemática:
Contaminación del río Yauli.
Tiempo de Ejecución:
Corto (01 año).
Financiamiento:
Titulares Mineros en coordinación con municipalidad de Yauli.
Actividad:
<p>Realizar pruebas con los reactivos del tratamiento de aguas industriales mineros. Debemos considerar si es necesario aumentar las concentraciones de algunos reactivos (cal y floculante).</p> <p>Verificar la capacidad de la planta de tratamiento, así como, la cantidad de agua que ingresa a la planta y determinar si tiene la capacidad de tratar el agua.</p> <p>Realizar una licitación para que empresas de tratamiento de aguas industriales mineros realicen muestras y generen información para optimizar el tratamiento de dichas aguas, antes de ser vertidos al cuerpo receptor.</p>

Resultado:
Disminución de concentración de metales pesados y cumplimiento de los Estándar de calidad ambiental del agua.
Costo: S/. 100 000.00

FUENTE: Elaboración propia

4.6.2. Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas residuales municipales del Centro

Poblado de Yauli.

Objetivo:
Reducir las concentraciones de coliformes fecales y escherichia coli que es vertida al río Yauli.
Objetivo Especifico:
Mejorar el actual sistema de tratamiento de aguas residuales municipales.
Beneficiarios del Proyecto:
Centro Poblado de Yauli, Centros Poblados aguas abajo.
Población Meta:
Población de Yauli, municipalidad y empresas privadas.
Problemática:
Contaminación del río Yauli.
Tiempo de Ejecución:
Corto (01 año).
Financiamiento:
Municipalidad de Yauli en coordinación con titulares mineros.
Actividad:

Verificar el tratamiento preliminar (desarenadores y rejillas), medidores de caudal para el afluente y el efluente.

Verificar la infraestructura, operación, mantenimiento y eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.

Verificar la presencia de lodos o sobre carga orgánica.

Verificar los manuales, procedimientos e inspecciones de operación de la planta.

Mejorar el funcionamiento del mantenimiento y aplicación de cloración en la PTAR.

Resultado:

Mejorar la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en el Centro Poblado de Yauli, para disminuir las concentraciones de coliformes fecales y escherichia coli que es vertida al cuerpo receptor.

Costo: S/. 15 000.00

FUENTE: Elaboración propia

4.6.3. Monitoreo y seguimiento de la calidad del agua del río Yauli.

Objetivo:
Monitorear y realizar el seguimiento de la calidad físico-química del agua del río Yauli.
Beneficiarios del Proyecto:
Centro poblado de Yauli y alrededores.
Población Meta:
Población de Yauli, instituciones públicas y empresas privadas.
Problemática:
Parámetros físico-químicos de calidad de agua que superan los estándares de calidad de agua.
Tiempo de Ejecución:
Largo (03 años).
Financiamiento:
Autoridad Administrativa del Agua (AAA-Mantaro) y Municipalidad Provincial de Yauli.
<p>Actividad:</p> <p>Continuar con los monitoreos de calidad de agua en temporada de estiaje y avenida.</p> <p>Supervisión en campo a lo largo del río Yauli con el fin de detectar nuevas fuentes de contaminación del agua.</p> <p>Realizar campañas de limpieza a lo largo del río Yauli con grupos de estudiantes y pobladores.</p>
Resultados:

Mejorar la vigilancia de calidad del río Yauli con la finalidad de tomar medidas preventivas y correctivas.
Costo: S/. 60 000.00
Programa de monitoreo que se realizara dos (02) veces al año (época de estiaje y avenida) por un periodo de tres (03) años. Costo estimado por semestre S/. 10 000.00

FUENTE: Elaboración propia

4.6.4. Fortalecimiento de las capacidades para mejorar la Gestión Ambiental del recurso hídrico en la municipalidad provincial de Yauli

Objetivo:
Garantizar el cumplimiento de normas legales que debe considerar la municipalidad provincial de Yauli, respecto al manejo de recurso hídrica en el río Yauli.
Beneficiarios del Proyecto:
Población ubicada a lo largo del río Yauli, principalmente Centro Poblado de Yauli.
Población Meta:
Población de Yauli, instituciones públicas y privadas.
Problemática:
Presencia de empresas industriales mineras que vierten sus aguas tratadas al río Yauli y vertimiento de aguas domesticas del centro poblado de Yauli.
Tiempo de Ejecución:
Mediano (02 años).
Financiamiento:
Municipalidad Provincial de Yauli.
Actividad:

Capacitar a las autoridades regionales y municipales sobre la aplicación de normas establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Estándar de Calidad Ambiental y otras normas sectoriales y ordenanzas municipales que tengan relación directa con la calidad del agua.

Velar por el cumplimiento del programa de monitoreo de calidad de agua realizado por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA-Mantaro).

Realizar campañas de sensibilización para la preservación del agua.

Mejorar las tecnologías para el tratamiento de la calidad del agua.

Resultados:

Conocimiento sobre las normas y leyes ambientales del recurso hídrico.

Costo: S/. 18 000.00

Difundir a través de banners, carteles informativos y trípticos trimestral durante dos (02) años. Costo estimado por trimestre S/. 1 500.00

Atender denuncias, inspecciones inopinadas en coordinación con la AAA-Mantaro.

Costo estimado al año S/. 6 000.00

FUENTE: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio determinó que en el 2020 se identificó la presencia de metales pesados en el río Yauli, tales como el Arsénico para la categoría 1-A2; Manganeseo para la categoría 1-A2 y categoría 3-D1 y 3-D2; Plomo para la categoría 4-E2 y en las estaciones RYaul1, RYaul4 en la categoría 1-A2 y categoría 3-D1 y 3-D2; hierro para la categoría 1-A2 y en las estaciones RYaul1, RYaul3 en la categoría 3-D1; zinc para la categoría 4-E2.

Según Bravo (2010), el hierro proviene de la inadecuada disposición de relaves y desmontes, así como los métodos inapropiados para la disposición de efluentes peligrosos y materiales contaminados de las operaciones mineras que han causado casos graves de filtraciones, drenaje ácido y contaminación de cuerpos acuíferos. Del monitoreo y evaluación de la calidad del agua del río Yauli, se encontró que la concentración de hierro supera los estándares de calidad ambiental, categoría 3 que lo establece la legislación correspondiente (D.S. N° 004-2017-MINAM). Estos datos son similares a los datos obtenidos por la Dirección General de Salud Ambiental en sus monitoreos realizados para el año 2012. En efecto los resultados de los cuatro (04) puntos de monitoreo del periodo 2020 han superado dicho elemento en un porcentaje de más del 200 % del valor establecido por el ECA para categoría 1, A2 y también para la categoría 3, D1 donde sobrepasan los valores en las estaciones RYaul1 y RYaul3.

En la tesis realizada por Villegas, E. (2013), la cual se titula Implementación de un Programa de Monitoreo de la Calidad de Agua, como propuesta en la prevención y control del Impacto Ambiental en la Planta Concentradora Mahr-Tunel, nos indica que el arsénico se encuentra sobrepasando los Límites Máximos Permisibles (LMP) en cuatro (04) puntos de monitoreo. El efecto más característico de la exposición oral a largo plazo para el arsénico inorgánico es un patrón de cambios en la piel, estos se encuentran los parches de piel más

oscura y la aparición de pequeños “callos” o “verrugas en las palmas, plantas y el torso y son a menudo asociados con cambios en los vasos sanguíneos de la piel. Asimismo, el metal Zinc sobrepasa los Límites Máximos Permisibles en ocho (08) puntos de monitoreo y en todos los periodos de evaluación (2011 y 2012). Según nuestros resultados se observa que el parámetro Arsénico supera el ECA para la categoría 1-A2; y el Zinc para la categoría 4-E2.

En la investigación titulada Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua Superficial en el Ámbito de la Cuenca del río Mantaro – 2017, nos indica que dentro de los parámetros más significativos que alteran su calidad del agua, están la presencia de metales como el manganeso, plomo, zinc y cobre el cual podría tener como fuente potencial de contaminación a los pasivos mineros, geología de la zona o vertimiento minero cercano. Los patógenos están presentes en forma significativa, el cual tiene su principal fuente de contaminación potencial a los vertimientos municipales y domésticos, en efecto según nuestros resultados se observa que superan el Estándar de Calidad Ambiental en los parámetros de manganeso para la categoría 1-A2, 3-D1 y 3-D2; en plomo en las estaciones RYaul1 y RYaul4 para las categorías 1-A2, 3D1 y 3D2; en zinc para la categoría 4-E2 y finalmente el cobre tuvo una disminución considerable y si cumple con el ECA en todos los puntos monitoreados.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

La evaluación de calidad del agua se basa en el ECA Agua Categoría 1 (sub categoría A2), categoría 3 (sub categoría D2 y D3) y categoría 4 (sub categoría E2), establecidos mediante D.S. N° 004-2017-MINAM, donde:

- Con respecto al pH todos los valores sobrepasaron el Estándar de Calidad Ambiental para la categoría 1 (subcategoría A2), categoría 3 (subcategoría D1 y D2) y categoría 4 (subcategoría E2). Asimismo, muestra una tendencia de concentraciones básicas que han ido aumentando durante los años 2018, 2019 y 2020.
- Con respecto al oxígeno disuelto y aceites y grasas todas las estaciones cumplen con los ECA para todas las categorías evaluadas en la presente investigación, sin embargo, la conductividad supero los valores del Estándar de Calidad Ambiental para la categoría 4 (subcategoría E2) en las estaciones RYaul1, RYaul3 y RYaul4, las concentraciones de este parámetro han sido elevados desde los monitoreos realizados del 2015 al 2020.
- Con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno durante el monitoreo del año 2020 los valores estuvieron dentro del ECA, sin embargo, durante el análisis del 2015 al 2019, se observaron valores altos que exceden el ECA para la categoría 1 (subcategoría A2).
- Con respecto al arsénico, sus concentraciones superan los ECA para la categoría 3 (subcategoría D1 y D2) y categoría 4 (subcategoría E2), sin embargo, si cumplen para la categoría 1 (subcategoría A2). Además, la concentración del presente parámetro ha sido elevado durante los monitoreos realizados del 2015 al 2020, principalmente en las estaciones RYaul1 y RYaul5.

- Con respecto al manganeso, sus concentraciones exceden el ECA en todos los puntos de monitorio para la categoría 1 (subcategoría A2) y categoría 3 (subcategoría D1 y D2). Además, se concluye que desde 2015 al 2020 siempre han superado los ECA.
- Con respecto al mercurio, sus concentraciones durante el monitoreo del año 2020 cumplen con ECA en todas las estaciones monitoreadas. Sin embargo, durante los años 2016 al 2018 se excede los ECA principalmente en la categoría 4 (subcategoría E2).
- Con respecto al plomo, sus concentraciones superan los ECA en todos los puntos monitoreados para la categoría 4 (subcategoría E2). Además, se concluye que desde el 2015 al 2020 siempre han superado los ECA para la categoría 4 (subcategoría E2).
- Con respecto al Hierro, sus concentraciones superan los ECA en todos los puntos monitoreados para la categoría 1 (subcategoría A2) y categoría 3 (subcategoría D1). Además, se concluye que desde 2015 al 2020 existe un aumento de concentración de dicho parámetro.
- Con respecto al Zinc, sus concentraciones superan los ECA en todos los puntos monitoreados para la categoría 4 (subcategoría E2) y categoría 3 (subcategoría D1). Además, se concluye que desde 2015 al 2020 se mantienen valores similares de concentración los cuales superan el ECA para categoría 4.
- Podemos concluir que las altas concentraciones de los parámetros físico-químicos se deben a la actividad minera aledaña al río Yauli y a la ineficiente planta de tratamiento de aguas de efluentes mineros por parte de las empresas mineras de la zona.

Respecto a los parámetros microbiológicos registrados en el monitoreo de calidad de agua, se concluye lo siguiente:

- Durante el monitoreo del 2020, los valores de coliformes fecales superan los ECA en las estaciones RYaul3 y RYaul4. Asimismo, durante el año 2015 al 2020 se observan altas concentraciones en la estación RYaul3, lo que está relacionado a que ese punto se

encuentra después de la zona de aguas residuales domesticas del centro poblado de Yauli.

- Durante el monitoreo del 2020, las concentraciones de Escherichia Coli no superaron los ECA en todos los puntos de monitoreo. Sin embargo, durante el periodo del año 2015 al 2019, se observa que exceden el ECA en la estación RYaul3, el cual está relacionado a las aguas residuales domesticas del centro poblado de Yauli. Las demás estaciones si cumplieron los ECA durante el mismo periodo de años de la presente investigación.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una fiscalización ambiental y evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas de efluentes mineros proveniente de la empresa minera Chinalco y Volcan, con la finalidad de disminuir los valores de los parámetros físico-químicos.
- Se plantea realizar un mejor tratamiento de aguas residuales e industriales mineros, los cuales se ubican en la provincia de Yauli, para disminuir los valores de concentración de coliformes fecales y *escherichia coli*, así como metales pesados los cuales son vertidas al río Yauli.
- Continuar con los monitoreos de calidad ambiental que viene realizando la Autoridad Administrativa del Agua – Mantaro, pero que esto conlleve a un mejoramiento en el cumplimiento de los ECA. Deben tomar las medidas correctivas por las autoridades municipales y regionales para su recuperación y preservación.

VIII. REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad en los recursos hídricos superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Bi Yun (2009). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>
- Cynthia F. (2016). Evaluación de la Calidad de Agua en la Subcuenca Baja de Huaycoloro, Distrito Lurigancho – Chosica. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/1503>
- Diario El Peruano. Ley N° 28611: Ley General del Ambiente (2005). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- Eduardo A. (2013). Implementación de un Programa de Monitoreo de la Calidad de Agua, como propuesta en la prevención y control del impacto ambiental en la planta concentradora Mahr-Túnel. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3624>
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI). (2017) Censos Nacionales 2017. <https://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>

- León M. (2014). Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Microcuenca del río Conguime y Diseño de una Propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe Cantón Paquisha. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2256>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). Identificación de fuentes de contaminación en la Cuenca del río Mantaro. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen_ejecutivo_-_rio_mantaro.pdf
- Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. (2017). https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen_ejecutivo_-_rio_mantaro.pdf
- Núñez, Benites, Zevallos (2013). Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli – Junín, 2013. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/19528>
- Sergio Casilla Quispe (2014). Evaluación de la Calidad de Agua en los Diferentes Puntos de Descarga de la Cuenca del río Suhez, Puno. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano] Repositorio UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4546>
- Sierra C. (2011). Calidad del Agua. Primera Edición. Colombia. 457 p. Universidad de Medellín. https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico

- Vásquez A. (2000). Manejo de Cuencas Altoandinas – Tomo 1. Primera Edición. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. https://www.academia.edu/45664011/MANEJO_Y_GESTI%C3%93N_DE_CUENCAS_HIDROGR%C3%81FICAS_Universidad_Nacional_Agraria_La_Molina
- Vásquez F. (2010). Evaluación del Índice de Calidad del Agua en el Área de influencia del Botadero Municipal de Tarapoto Sector Yacucatina, San Martín, Perú. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/461>
- Vásquez O. (2018). Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimiento de Efluentes Industriales en la Subcuenca del río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco. [Tesis de postgrado]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Villa M. (2011). Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de Tratamiento y Control de la Contaminación. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5001/ALEXANDER%20TAMAYO%20VIDAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villarreal M. (2014). Evaluación de la Calidad de agua del río San Juan, en el Departamento de Pasco. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/1570>

IX. ANEXOS

Anexo A – Registro Fotográfico

Anexo B – Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos, R.J. N° 010-2016-ANA

Anexo C – Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, D.S. N° 004-2017-MINAM

Anexo D – Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, R.J. N° 056-2018-ANA

Anexo E – Resultados de Laboratorio

Anexo F – Cadena de Custodia

Anexo G – Acreditación Laboratorio

Anexo H – Certificado Calibración Equipo

Anexo I – Fichas SIAM

Anexo J – Mapas

Mapa Ubicación del área de estudio (M-01)

Mapa de Cuencas Hidrográficas (M-02)

Mapa de Ubicación Estaciones de Monitoreo (M-03)

ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía N° 1: Río Yauli, aguas arriba del Centro Poblado de Yauli.



Fotografía N° 2: Después de la descarga de aguas residuales domesticas del centro poblado de Yauli.



Fotografía N° 3: Río Yauli, aguas abajo del Centro Poblado de Yauli.



Fotografía N° 4: Río Yauli, Estación Monitoreo RYauli



Fotografía N° 5: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul3



Fotografía N° 6: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul3



Fotografía N° 7: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul4



Fotografía N° 8: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul4



Fotografía N° 9: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul5



Fotografía N° 10: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul5



Fotografía N° 11: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul5, preservantes



Fotografía N° 12: Río Yauli, Estación Monitoreo RYaul4, preservantes



Fotografía N° 13: Preservantes



ANEXO B – PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE
LOS RECURSOS HÍDRICOS, R.J. N° 010-2016-ANA

ANEXO C – ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA, D.S. N° 004-
2017-MINAM

ANEXO D – CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES
SUPERFICIALES, R.J. N° 056-2018-ANA

ANEXO E – RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO F – CADENA DE CUSTODIA

ANEXO G – ACREDITACIÓN LABORATORIO

ANEXO H – CERTIFICADO CALIBRACIÓN EQUIPO

ANEXO I – FICHAS SIAM

ANEXO J – MAPAS